

**PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID*
PADA KAPAL PENANGKAP IKAN MENGGUNAKAN *HOMER*
DI SELAT MALAKA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada
Jurusan Teknik Elektro



oleh :

EDI IRHAM
10755000319

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2013**

PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK *HYBRID* PADA KAPAL PENANGKAP IKAN MENGGUNAKAN *HOMER* DI SELAT MALAKA

EDI IRHAM

10755000319

Tanggal Sidang : 11 Februari 2013

Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Masyarakat nelayan yang ada di Desa Jangkang Kecamatan Bantan Kabupaten Bengkalis mengalami masalah biaya operasional genset untuk menggerakkan kapal ikan di perairan Selat Malaka. Disisi lain perairan Selat Malaka terdapat potensi lain yaitu energi surya dan angin. Tugas akhir ini merupakan studi kelayakan untuk menilai apakah energi terbarukan dapat digunakan sebagai sumber energi untuk menggerakkan *propeller* pada kapal ikan ditinjau dari aspek teknis, ekonomis, dan praktis. Telah dilakukan perancangan terhadap enam pilihan sistem *hybrid* yang mungkin, yang merupakan kombinasi dari tiga pembangkit listrik yaitu PLTS, turbin angin, dan genset. sistem *hybrid* ini dirancang menggunakan HOMER (*Hybrid Optimisation Model for Electric Renewable*). Analisis ekonomi dilakukan dengan metode LCCA (*Life Cycle Cost Analysis*), sedangkan aspek praktis ditinjau dengan membandingkan ukuran kapal dengan ukuran fisik komponen energi terbarukan. Rata-rata intensitas cahaya matahari sebesar 4,86 kWh/m²/day, kecepatan angin rata-rata perairan Selat Malaka pertahunnya 5,57 m/s untuk kawasan 10 meter diatas permukaan laut. Maka COE (*Cost of Energy*) enam sistem adalah skenario satu Rp 921 per kWh (7 buah turbin angin, 7 buah generator diesel), skenario dua Rp 844,8 /kWh (5 buah turbin angin, 6 buah generator diesel), skenario tiga 1.190,4 per kWh (5 buah turbin angin, 100 baterai, Konverter 20 kW), skenario empat Rp 1.113,6 per kWh (10 buah turbin angin, 80 buah baterai, Konverter 20 kW), skenario lima Rp 1.584 per kWh (pv 10 kW, 2 buah turbin angin, 100 buah baterai, Konverter 20 kW), skenario enam Rp 15.600 per kWh (pv 0,05 kW, 1 buah baterai)

Kata Kunci: Energi terbarukan, HOMER, kapal penangkap ikan, sistem *hybrid*

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR RUMUS	xvi
DAFTAR LAMBANG	xvii
DAFTAR SINGKATAN	xviii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Rumusan Masalah.....	I-3
1.3 Batasan Masalah.....	I-3
1.4 Tujuan Penelitian	I-3
1.5 Manfaat Penelitian	I-3
1.6 Sistematika Penulisan.....	I-4

BAB II TEORI DASAR

2.1 Sistem <i>Hybrid</i>	II-1
2.2 PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya).....	II-1
2.3 Turbin Angin.....	II-4
2.4 Genset (Generator Set).....	II-5
2.4.1 Cara Kerja Mesin Diesel.....	II-6

2.5 Motor Arus Bolak Balik (AC)	II-7
2.5.1 Motor Induksi.....	II-8
2.5.2 Motor Sinkron.....	II-9
2.6 Generator DC.....	II-10
2.7 Desain <i>System Hybrid</i> Menggunakan HOMER	II-11
2.8 Beban Dan Daya Penggerak Kapal.....	II-12
2.9 Perhitungan Ekonomi Pada HOMER	II-16

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pendahuluan.....	III-1
3.2 Studi Beban Listrik	III-1
3.3 Studi Intensitas Matahari	III-2
3.4 Studi Kecepatan Angin.....	III-2
3.5 Perancangan Sistem.....	III-2
3.6 Analisa	III-2
3.7 Analisa Biaya COE (<i>Cost Of Energy</i>).....	III-3
3.8 Rekomendasi Kelayakan	III-4

BAB IV HASIL DAN ANALISA

4.1 Pendahuluan.....	IV-1
4.2 Penentuan Beban Dan Daya.....	IV-1
4.3 Hasil Dan Analisa.....	IV-10
4.3.1 Beban <i>Propeller</i>	IV-10
4.3.2 Beban Lampu.....	IV-11
4.3.3 Energi Matahari.....	IV-12
4.3.4 Sumber Angin	IV-12
4.4 Simulasi	IV-13
4.4.1 Skenario 1: Tipe AC Untuk 1 Buah <i>Propeller</i>	IV-13
4.4.2 Skenario 2: Tipe AC Untuk 2 Buah <i>Propeller</i>	IV-14
4.4.3 Skenario 3: Kombinasi Antara Tipe AC Dan Tipe DC.....	IV-16
4.4.4 Skenario 4: PV, Turbin Angin, Dan Diesel Tipe DC.....	IV-17
4.4.5 Skenario 5: PV Sebagai Tipe DC Sedangkan Turbin Angin Dan Diesel Tipe AC	IV-18

4.4.6 Skenario 6: Tipe DC Untuk 1 Buah Lampu	IV-19
4.5 Analisis Biaya COE.....	IV-21
4.6 Rekomendasi Kelayakan	IV-22

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	V-1
5.2 Saran	V-1

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Diagram PLTS	II-1
2.2 Solar Panel	II-2
2.3 <i>Inverter</i>	II-3
2.4 <i>Solar Charge Controller</i>	II-3
2.5 Komponen Baterai	II-4
2.6 Bagian-Bagian Turbin Angin.....	II-5
2.7 Prinsip Kerja Motor 4 Langkah	II-6
2.8 Motor Induksi.....	II-8
2.9 Motor AC Sinkron.....	II-10
4.1 Beban <i>Propeller</i> Harian.....	IV-10
4.2 Beban <i>Propeller</i> Bulanan	IV-11
4.3 Beban Lampu Harian.....	IV-11
4.4 Beban Lampu Bulanan	IV-11
4.5 <i>Learnness Index</i> dan <i>Solar Radiation</i>	IV-12
4.6 Sumber Angin	IV-12
4.7 Model Sistem Skenario 1.....	IV-13
4.8 Hasil Simulasi Skenario 1.....	IV-13
4.9 Model Sistem Skenario 2.....	IV-14
4.10 Hasil Simulasi Skenario 2.....	IV-15
4.11 Model Sistem Skenario 3.....	IV-16
4.12 Hasil Simulasi Skenario 3.....	IV-16
4.13 Model Sistem Skenario 4.....	IV-17
4.14 Hasil Simulasi Skenario 4.....	IV-17
4.15 Model Sistem Skenario 5.....	IV-18
4.16 Hasil Simulasi Skenario 5.....	IV-19
4.17 Model Sistem Skenario 6.....	IV-19
4.18 Hasil Simulasi Skenario 6.....	IV-20

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
4.1 Koefesien Tahanan Sisa	IV-4
4.2 Perbandingan COE Saat Sekarang (penggunaan diesel) dengan COE Setelah melakukan simulasi HOMER.....	IV-22

DAFTAR RUMUS

- 2.1 Putaran motor sinkron
- 2.2 Menghitung volume *displacement*
- 2.3 Perhitungan *displacement*
- 2.4 Menentukan luas permukaan basah
- 2.5 Menentukan angka *froude*
- 2.6 Menentukan bilangan *reynold*
- 2.7 Menghitung tahanan gesek
- 2.8 Koefisien tahanan total di air
- 2.9 Tahanan total kapal
- 2.10 Perhitungan daya efektif kapal
- 2.11 Perhitungan *wake friction*
- 2.12 Perhitungan *speed of advance*
- 2.13 Perhitungan *thrust deduction factor*
- 2.14 Efisiensi lambung
- 2.15 Koefisien *propulsive*
- 2.16 Perhitungan daya dorong
- 2.17 Perhitungan daya pada poros baling
- 2.18 Perhitungan daya pada poros induk
- 2.19 Perhitungan daya motor induk SCR
- 2.20 Perhitungan daya motor induk MCR
- 4.1 Menentukan harga koefisien tahanan sisa
- 4.2 koefisien presmatik
- 4.3 Luas bangunan diatas garis air
- 4.4 Tahanan total kapal
- 4.5 Tahanan total kapal (dinas)
- 4.6 COE
- 4.7 COE (penggunaan diesel)

DAFTAR LAMBANG

T	: <i>Draft</i>
H	: <i>Depth</i>
S	: <i>Water Surface Area</i>
Δ	: <i>Weight Displacement</i>
P	: rho
Φ	: phi
\$: Dollar
W	: <i>Wake Friction</i>
t	: <i>Thrust Deduction Factor</i>
∇	: <i>Volume displacement</i>
Φ	: fi
η_{rr}	: <i>Relative Rotative Efficiency</i>
η_p	: <i>Propeller Efficiency</i>
η_H	: <i>Hull Efficiency</i>
η_s	: <i>Shaft Efficiency</i>
η_G	: <i>Transmission System Efficiency</i>
β	: Beta

DAFTAR SINGKATAN

AC	: <i>Alternating Current</i>
B	: <i>Breadth</i>
BBM	: <i>Bahan Bakar Minyak</i>
BHP	: <i>Brake Horse Power</i>
BCR	: <i>Battery Charge Regulator</i>
CB	: <i>Block Coefecient</i>
Cbwl	: <i>Coefecient Block Water Line</i>
Cf	: <i>Friction Coefecient</i>
COE	: <i>Cost Of Energy</i>
CP	: <i>Prismatic Coefecient</i>
DC	: <i>Directing Current</i>
DG	: <i>Diesel Generator</i>
DHP	: <i>Delivey Horse Power</i>
EHP	: <i>Effectif Horse Power</i>
Fn	: <i>Froude Number</i>
GENSET	: <i>Generator Set</i>
HOMER	: <i>Hybrid Optimisation Model For Electric Renewable</i>
HP	: <i>Horse Power</i>
KM	: <i>Kapal Motor</i>
kW	: <i>Kilo Watt</i>
LOA	: <i>Length Over All</i>
LWL	: <i>Length Water Line</i>
Lpp	: <i>Length Between Perpendicular</i>
MCR	: <i>Maximum Continues Rating</i>
MF	: <i>Maintenance Free</i>
NASA	: <i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NPC	: <i>Net present cost</i>
NREL	: <i>National Renewable Energy Laboratory</i>
Pc	: <i>Provulsive Coefecient</i>
PK	: <i>Paardekracht</i>
PLTS	: <i>Pembangkit Listrik Tenaga Surya</i>
PV	: <i>Photovoltaic</i>
Rn	: <i>Reynold Number</i>
Rp	: <i>Rupiah</i>
RT	: <i>Total Resistance</i>
RT dinas	: <i>Ship Resistance</i>
RV	: <i>Viscous Resistance</i>
SCR	: <i>Service Continues Rating</i>
SHP	: <i>Shaft Horse Power</i>
SWERA	: <i>Solar and Wind Resources Assesment</i>
THP	: <i>Thrust Horse Power</i>
TMA	: <i>Titik Mati Atas</i>
TMB	: <i>Titik Mati Bawah</i>
VS	: <i>Service Speed</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Berbagai jenis kapal penangkap ikan yang dimiliki nelayan di Indonesia sebagian besar adalah perahu berukuran kecil. Nelayan menggunakan kapal untuk menangkap ikan di laut selama sehari-hari untuk memenuhi kebutuhan hidup. Para nelayan tradisional ini banyak ditemukan diberbagai pulau yang tersebar di seluruh nusantara. Cara mereka menangkap ikan pun berbeda-beda, diantaranya menggunakan jaring-jaring yang sesuai dengan kedalaman laut. Untuk keadaan laut yang dalam, diperlukan jaring ukuran besar dan lebar, sedangkan untuk daerah menengah sampai bawah hanya membutuhkan jaring biasa sesuai dengan ukuran ikan yang ada di laut tersebut.

Penelitian ini mengambil tempat di Selat Malaka yang merupakan perbatasan pesisir timur pulau Bengkalis dan Malaysia, tepatnya di Desa Jangkang Kecamatan Bantan Kabupaten Bengkalis Provinsi Riau. Sebagian besar nelayan di pesisir timur pulau Bengkalis adalah nelayan tradisional yang memiliki standar hidup masih rendah. Sebagian lagi bekerja sebagi nelayan pada kapal ikan milik tauke¹.

Kapal nelayan ini terbuat dari bahan kayu dan digerakkan menggunakan baling-baling yang diputar oleh generator diesel. Generator diesel yang sama juga digunakan untuk menyalakan lampu penerangan dan mengoperasikan peralatan listrik lainnya seperti *audio visual* dan peralatan komunikasi.

Persoalan teknis yang sering dialami pada kapal nelayan adalah ketidakseimbangan antara kebutuhan listrik dengan kapasitas generator diesel. Sebagai contoh, kapal KM Biru Laut menggunakan genset sebesar 16 PK (12 kW). Kapasitas genset sebesar ini dapat di kategorikan *oversize* (kelebihan kapasitas) dibandingkan dengan kebutuhan. Sehingga akan mengakibatkan borosnya penggunaan BBM dan kebutuhan akan perawatan lebih tinggi karena pembakaran tidak sempurna. Penggunaan genset yang *oversize* disebabkan telah menjadi kebiasaan masyarakat setempat dalam perhitungan pembelian genset untuk kebutuhan kapal ikan mereka. Jenis serta ukuran kapal ikan berpengaruh pada kapasitas genset, sehingga setiap kapal ikan memiliki ukuran yang berbeda kapasitasnya. Penggunaan genset pada kapal ikan juga membawa dampak negatif lain antara lain

¹ Tauke = Majikan (yang mempunyai perusahaan dsb)

kebisingan, polusi tanah dan air dari BBM dan oli, polusi udara dari partikel buangan dan emisi gas rumah kaca.

Dari aspek ekonomi, penggunaan genset menimbulkan biaya besar. Sebagai contoh KM (Kapal Motor) Biru Laut menghabiskan rata-rata 1.500 sampai 2.000 liter solar per tahun. Dengan harga solar di Desa Jangkang Rp 5.500 per liter, maka setiap tahun diperlukan biaya BBM sebesar \pm Rp 11.000.000. Jika ditambah biaya perawatan genset sekitar \pm Rp 2.000.000 / tahun, maka total biaya genset adalah \pm Rp 13.000.000- / tahun. Total biaya operasional setiap tahunnya \pm Rp 18.000.000-, sehingga penghasilan bersih pertahunnya sekitar \pm Rp 90.000.000-.

Dengan keadaan seperti itu, kapal penangkap ikan yang digunakan nelayan harus lebih dioptimalkan seperti dibutuhkan listrik untuk berbagai keperluan. Diantaranya sebagai penerangan, produksi es batu dan lain sebagainya. Es batu yang digunakan nelayan untuk mencegah ikan agar tidak busuk biasanya dibawa dari penjual es batu, sehingga resiko es mencair sangat tinggi. Oleh itu, dengan permasalahan seperti itu dibutuhkan solusi yang tepat guna.

Permasalahan menggunakan diesel sebagai “jantung” kapal penangkap ikan, saat ini cukup meresahkan. Diketahui bahwa diesel yang digunakan mengeluarkan suara berisik sehingga mengganggu nelayan. Ditambah lagi dengan diesel yang menggunakan BBM, biaya yang digunakan sangat besar dan banyak resiko suplai BBM tidak ada atau tidak cukup. Dari diesel yang digunakan ini, banyak berdampak pada pencemaran lingkungan. Pencemaran lingkungan berdampak pada kotornya air laut dan pencemaran udara.

Di sisi lain, kawasan pesisir timur Pulau Bengkalis diperkirakan memiliki potensi energi lain untuk menggantikan perangkat generator diesel, diantaranya sumber energi yang berasal dari matahari dan angin.

Perkembangan energi terbarukan ini sangat menjanjikan, sehingga diharapkan dapat mengurangi biaya operasional nelayan dan dapat diminimalisirnya pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh pembangkit diesel. Selain itu, dengan perancangan yang tepat pembangkit listrik terbarukan ini diharapkan dapat memenuhi seluruh kebutuhan energi listrik pada kapal ikan yaitu untuk penerangan, *audio visual*, dan alat komunikasi. Bahkan dapat pula dikaji penggunaannya untuk menggerakkan *propeller* (baling-baling kapal) jika kapal menggunakan *propeller* yang diputar dengan motor listrik.

Tugas akhir ini merupakan studi kelayakan penyediaan suplai energi listrik untuk kapal ikan di Desa Jangkang menggunakan sistem pembangkit *hybrid* yang mengabungkan tiga sumber energi yaitu energi matahari, energi angin, dan genset sebagai *backup*.

1.2. Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan dijawab pada Tugas Akhir ini adalah apakah sebuah sistem *hybrid* (PLTS/ turbin angin/ genset) dapat memenuhi kebutuhan listrik pada kapal ikan baik untuk menggerakkan *propeller* maupun mengoperasikan lampu, radio dan peralatan listrik lainnya.

1.3. Batasan Masalah

Penelitian ini berbentuk pemodelan menggunakan *software HOMER (Hybrid Optimisation Model for Electric Renewable)* dan tidak membuat alat dari pembangkit listrik *hybrid* pada kapal penangkap ikan.

1.4. Tujuan penelitian

Tujuan dari tugas akhir ini adalah :

1. Menghitung kapasitas motor listrik yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal ikan KM Biru Laut, dan menghitung beban listrik lainnya pada KM Biru Laut.
2. Merancang sistem *hybrid* untuk mengoperasikan beban-beban listrik pada KM Biru Laut.
3. Membandingkan biaya sistem dan operasional antara kondisi sekarang dengan biaya dimana listrik dihasilkan dari sistem *hybrid* memanfaatkan energi matahari dan angin.
4. Menilai kelayakan pemanfaatan energi terbarukan untuk memenuhi seluruh kebutuhan energi pada KM Biru Laut.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Mengetahui kelayakan energi terbarukan sebagai sumber energi pada kapal nelayan kecil di Selat Malaka.

2. Memberikan kontribusi pengetahuan apakah sistem *hybrid* (genset/ angin/ PLTS) dapat digunakan untuk menyediakan suplai listrik penuh pada kapal ikan ukuran kecil?

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika dari penulisan tugas akhir ini adalah:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisikan penjelasan latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II : TEORI DASAR

Bab ini menjelaskan tentang landasan teori yang digunakan pada skripsi ini meliputi perancangan pembangkit listrik *hybrid* (PLTS, turbin angin, genset), simulasi dan analisa ekonomi menggunakan *software HOMER* dan teori perhitungan.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan metodologi penelitian yang digunakan pada tugas akhir ini.

BAB IV : HASIL DAN ANALISA

Bab ini menjelaskan langkah-langkah yang digunakan dalam perancangan dan hasil yang didapat.

BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dari hasil penelitian dan saran-saran yang berguna untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TEORI DASAR

2.1. Sistem *Hybrid*

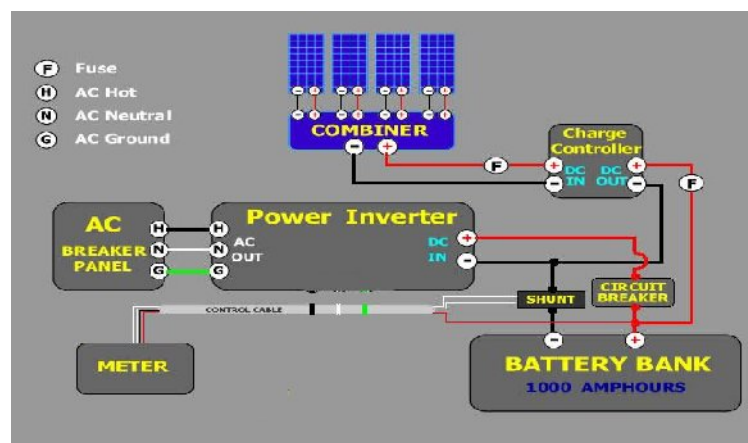
Sistem *hybrid* adalah sistem pembangkit listrik yang terdiri dari dua atau lebih teknologi pembangkit listrik. Misalnya listrik tenaga surya (*Photovoltaic-PV*) dipadu dengan genset maka disebut *Hybrid PV- Genset*. Di Indonesia sudah banyak diterapkan *Hybrid PV- Genset*, *Hybrid PV- Mikrohydro*, *PV-Wind* (Angin), dan bahkan *Hybrid- Wind- Genset*. Sistem *hybrid* adalah sistem *centralized* (pembangkit listrik dikumpulkan disuatu lokasi, dan listrik yang dihasilkan didistribusikan melalui suatu jaringan. (Lestari, 2011)

Desain sistem *hybrid* didasarkan pada kapasitas daya beban, profil beban harian, dan intensitas matahari, jika menggunakan *photovoltaic*. Dari data-data ini kemudian ditentukan prosentase kontribusi sumber energi terbarukan misalnya energi matahari melalui konversi modul surya dan mesin diesel. (Sudrajat, 2007)

Dalam studi ini, pembangkit listrik *hybrid* terdiri dari PLTS, turbin angin dan genset.

2.2. PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah suatu teknologi pembangkit listrik yang mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik. Berikut adalah salah satu contoh konfigurasi sebuah sistem PLTS.



Gambar 2.1. Diagram PLTS
(Sumber: [http:// tenaga-surya.com/](http://tenaga-surya.com/))

Karena modul surya terbuat dari bahan semikonduktor tipe n dan p , energi matahari menggerakkan *elektron-hole* sehingga terjadi arus listrik konstan DC. Dari modul surya tegangan DC dialirkan melalui *battery charge regulator* (BCR) yang berfungsi mengontrol pengisian baterai. Tegangan DC dari BCR dialirkan ke baterai untuk disimpan. Kemudian dari baterai tegangan DC dialirkan ke *inverter* untuk diubah menjadi tegangan AC guna memenuhi beban AC atau langsung disuplai ke beban DC. (Nuryadi, 2011)

Komponen-komponen dari PLTS adalah :

a. *Solar panel*

Solar panel menghasilkan arus yang digunakan untuk mengisi baterai. *Solar panel* terdiri dari *photovoltaic*, yang menghasilkan listrik dari intensitas cahaya. Saat intensitas cahaya berkurang (berawan, hujan, mendung) arus listrik yang dihasilkan juga akan berkurang.



Gambar 2.2. *Solar Panel*

(Sumber: <http://panelsurya.com/index.php/id/panel-surya-solar-cells/panel-surya-solar-cells-type>)

b. *Inverter*

Inverter adalah perangkat elektrik yang digunakan untuk mengubah arus listrik searah (DC) menjadi arus listrik bolak balik (AC). *Inverter* mengkonversi DC dari perangkat seperti baterai, panel sel surya menjadi AC.



Gambar 2.3. *Inverter*
(Sumber: <http://panelsurya.com/index.php/id/inverter>)

c. *Solar Charge Controller*

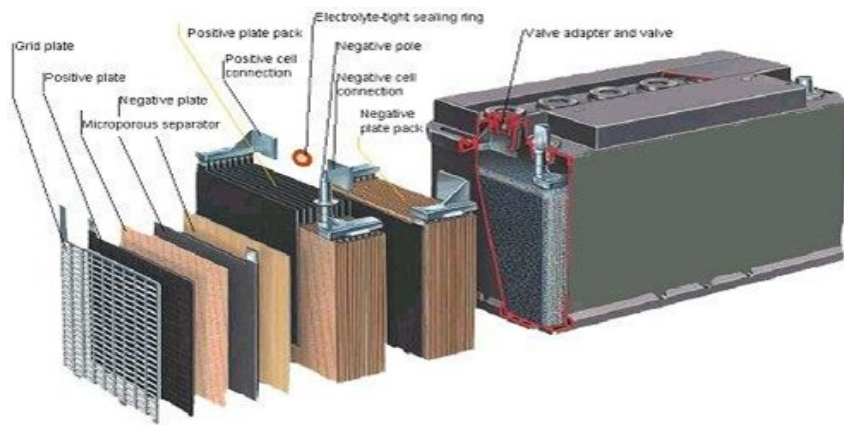
Solar Charge Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. *Solar charge controller* mengatur *overcharging* (kelebihan pengisian-karena baterai sudah penuh) dan kelebihan voltase dari panel surya.



Gambar 2.4. *Solar Charge Controller*
(Sumber: <http://panelsurya.com/index.php/id/solar-controller/12-solar-charge-controller-solar-controller>)

d. *Baterai*

Baterai adalah alat penyimpan tenaga listrik arus searah (DC), yang berasal dari modul surya. Tanpa baterai, energi surya hanya dapat digunakan pada saat ada sinar matahari. Ada beberapa jenis baterai/ aki di pasaran yaitu jenis aki basah/ konvensional, *hybrid* dan MF (*Maintenance Free*).



Gambar 2.5. Komponen Baterai
(Sumber: <http://panelsurya.com/index.php/id/batere/11-batere>)

2.3. Turbin Angin

Turbin angin digunakan untuk mengubah energi kinetik yang berasal dari angin menjadi energi listrik. Angin adalah udara yang bergerak dari tekanan udara yang lebih tinggi ke tekanan udara yang lebih rendah. Perbedaan tekanan udara disebabkan oleh perbedaan suhu udara akibat pemanasan atmosfer yang tidak merata oleh sinar matahari. Karena bergerak angin memiliki energi kinetik. Energi angin dapat dikonversi atau ditransfer ke dalam bentuk energi lain seperti listrik atau mekanik dengan menggunakan kincir atau turbin angin. (Daryanto, 2007)

Komponen-komponen turbin angin adalah :

a. *High-speed shaft* (Poros Putaran Tinggi)

Berfungsi untuk menggerakkan generator.

b. *Low-speed shaft* (Poros Putaran Rendah)

Poros turbin yang berputar kira-kira 30-60 rpm

c. Generator

Generator pembangkit listrik, biasanya sekarang berupa alternator arus bolak balik. Ini adalah salah satu komponen terpenting dalam pembuatan sistem turbin angin. Generator ini dapat mengubah energi gerak menjadi energi listrik.

d. *Pitch* (Sudut Bilah Kipas)

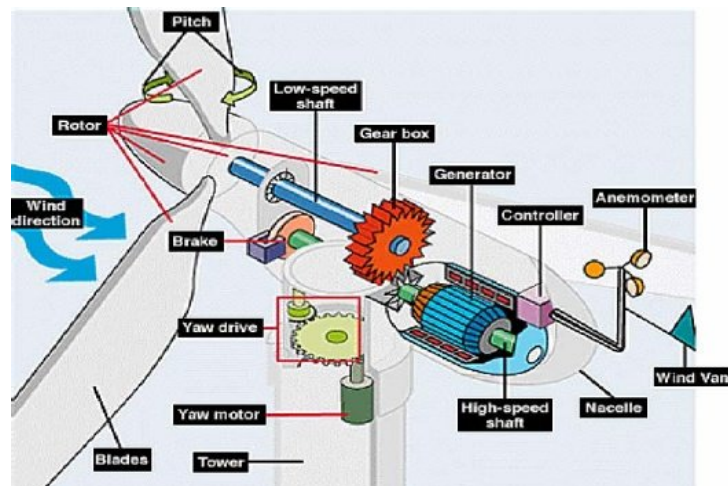
Bilah kipas bisa diatur sudutnya untuk mengatur kecepatan rotor yang dikehendaki, tergantung angin terlalu rendah atau terlalu kencang. Rotor bilah kipas bersama porosnya dinamakan rotor.

e. *Tower* (Menara)

Menara bisa dibuat dari pipa baja, beton, rangka besi. Karena kencangnya angin bertambah dengan ketinggian, maka makin tinggi menara makin besar tenaga yang didapat.

f. *Yaw motor* (Motor Penggerak Arah)

Motor listrik yang menggerakkan penggerak arah.



Gambar 2.6. Bagian-Bagian Turbin Angin
(Sumber : Herlina, 2009)

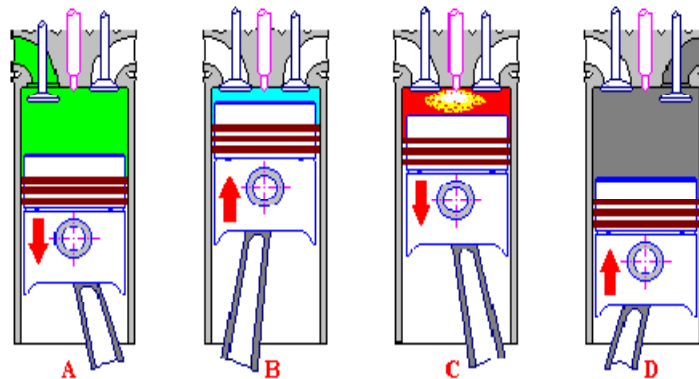
2.4. Genset (Generator Set)

Diesel termasuk mesin dengan pembakaran dalam atau disebut dengan motor bakar ditinjau dari cara memperoleh energi termalnya. Untuk membangkitkan listrik sebuah generator menggunakan generator dengan sistem penggerak tenaga diesel atau yang biasa dikenal dengan sebutan genset (Generator Set).

2.4.1. Cara Kerja Mesin Diesel

Prinsip kerja dari motor adalah merubah energi panas menjadi energi gerak. Panas pada motor diperoleh dari proses pembakaran didalam motor. Karena itu agar motor dapat bekerja, maka udara dan bahan bakar harus masuk kedalam ruang bakar, udara dan bahan bakar tersebut harus bercampur secara homogen. Setelah udara dan bahan bakar tercampur secara homogen, maka dengan adanya panas yang masuk campuran udara dan bahan bakar tersebut akan terbakar. Sehingga panas didalam ruang bakar akan meningkat beberapa kali lipat dan hal ini akan mengakibatkan tekanan didalam ruang bakar menjadi tinggi sekali. Tekanan ini akan menyebabkan piston terdorong ke bawah didalam silinder. Gerakan piston ini kemudian diteruskan oleh batang piston untuk memutar poros engkol, gerakan ini akan menghasilkan tenaga pada motor. Campuran udara dan bahan bakar kemudian akan dibuang. (Arifin, 2011)

Pada motor diesel 4 langkah, katup masuk dan katup buang digunakan untuk mengontrol proses pemasukan dan pembuangan gas dengan membuka dan menutup saluran masuk dan saluran buang.



Gambar 2.7. Prinsip Kerja Motor 4 Langkah

(Sumber: PT PLN (Persero) Jasa Diklat)

a. Langkah isap

Pada langkah ini, piston bergerak dari TMA (Titik Mati Atas) ke TMB (Titik Mati Bawah), katup isap membuka dan katup buang menutup sehingga udara segar masuk ke dalam silinder akibat adanya kevakuman melalui *intake manifold*.

b. Langkah Kompresi

Pada langkah kompresi, katup masuk dan katup buang tertutup, udara yang sudah masuk ke dalam silinder akan ditekan oleh piston yang bergerak dari TMB ke TMA. Akibat proses proses kompresi ini udara menjadi panas dan temperaturnya dapat mencapai sekitar 800°C .

c. Langkah Usaha

Diikuti oleh pembakaran tertunda pada awal langkah usaha bahan bakar yang sudah teratomisasi akan terbakar sebagai hasil pembakaran langsung dan membakar hampir seluruh hampir bahan bakar. Mengakibatkan panas silinder meningkat dan tekanan di dalam silinder bertambah besar. Tenaga yang dihasilkan oleh pembakaran diteruskan ke piston. Piston terdorong dari TMA ke TMB akibat tekanan pembakaran dan tenaga pembakaran dirubah menjadi tenaga mekanik oleh poros engkol menjadi gerak putar. Tenaga yang dihasilkan pada langkah usaha ini sebagian di simpan dalam *flywheel* untuk melanjutkan proses kerja motor selanjutnya.

d. Langkah Buang

Katup masuk masih tertutup dan katup buang terbuka. Piston bergerak dari TMB menuju TMA sehingga mendorong gas sisa pembakaran (gas buang) keluar melalui katup buang yang terbuka. Pada akhir langkah buang katup masuk terbuka sehingga udara segar masuk ke dalam silinder dan ikut mendorong gas buang keluar.

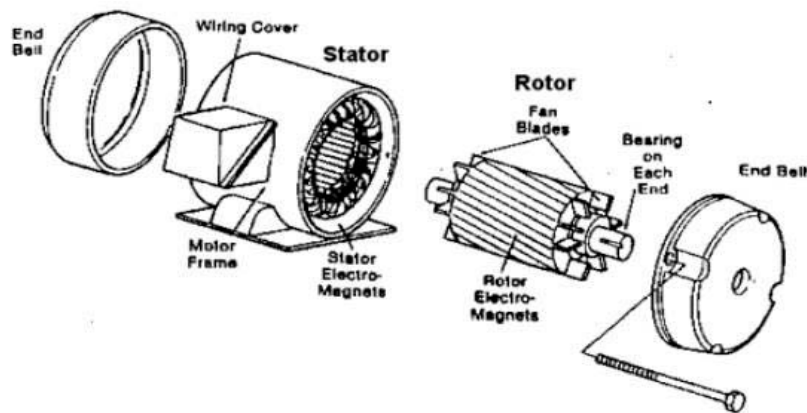
2.5. Motor Arus Bolak Balik (AC)

Motor listrik merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Arus listrik dalam medan magnet akan memberikan gaya, jika kawat yang membawa arus dibengkokkan menjadi sebuah lingkaran/ *loop*, maka kedua sisi *loop*, yaitu pada sudut kanan medan magnet, akan mendapatkan gaya pada arah yang berlawanan. Pasangan gaya menghasilkan tenaga putar/ *torque* untuk memutar kumparan. Motor-motor memiliki beberapa *loop* pada dinamonya untuk memberikan tenaga putaran yang lebih seragam dan medan magnetnya dihasilkan oleh susunan elektromagnetik yang disebut kumparan medan. (Hasbullah, 2009)

Motor arus bolak-balik menggunakan arus listrik yang membalikkan arahnya secara teratur pada rentang waktu tertentu. Motor listrik memiliki dua buah bagian dasar listrik yaitu rotor dan stator. Stator merupakan komponen listrik statis sedangkan rotor merupakan komponen listrik berputar untuk memutar as motor. Keuntungan utama motor DC terhadap motor AC adalah bahwa kecepatan motor AC lebih sulit dikendalikan. Untuk mengatasi kerugian ini, motor AC dapat dilengkapi dengan penggerak frekwensi variabel untuk meningkatkan kendali kecepatan sekaligus menurunkan dayanya.

2.5.1. Motor Induksi

Motor induksi adalah jenis motor dimana tidak ada tegangan eksternal yang diberikan pada rotornya, tetapi arus pada stator menginduksikan tegangan pada celah udara dan pada lilitan rotor untuk menghasilkan arus rotor dan medan magnet. Medan magnet stator dan rotor kemudian berinteraksi dan menyebabkan rotor motor berputar.



Gambar 2.8. Motor Induksi

(Sumber: <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/25738/4/Chapter%20II.pdf>)

Motor induksi dapat diklasifikasikan menjadi dua kelompok utama, yaitu:

- a. Motor induksi satu fasa

Motor ini hanya memiliki satu gulungan stator, beroperasi dengan pasokan daya satu fasa, memiliki sebuah motor sangkar tupai, dan memerlukan sebuah alat untuk menghidupkan motornya. Sejauh ini motor ini merupakan jenis motor yang paling

umum digunakan dalam peralatan rumah tangga, seperti kipas angin, mesin cuci dan pengering pakaian, dan untuk penggunaan hingga 3 sampai 4 HP.

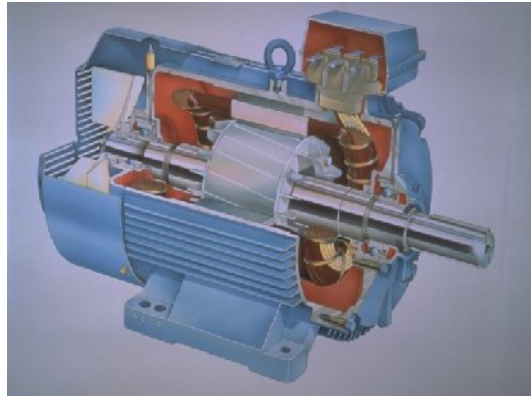
b. Motor induksi tiga fasa

Medan magnet yang berputar dihasilkan oleh pasokan tiga fasa yang seimbang. Motor tersebut memiliki kemampuan daya yang tinggi, dapat berupa sangkar tupai atau gulungan rotor (walaupun 90% memiliki rotor sangkar tupai), dan penyalaan sendiri. Motor induksi tiga fasa membuat medan putar yang dapat menstart motor, motor satu fasa memerlukan alat pembantu *starting*. Pada saat motor induksi satu fasa berputar, motor membangkitkan medan magnet putar. Motor induksi satu fasa lebih besar ukurannya untuk HP yang sama dibandingkan dengan motor tiga fasa, motor satu fasa mengalami pembatasan pemakaian dimana daya tiga fasa tidak ada. Apabila berputar, torsi yang dihasilkan oleh motor satu fasa adalah berpulsa dan tidak teratur, yang mengakibatkan faktor daya dan efisiensi yang rendah dibandingkan dengan motor banyak fasa.

2.5.2. Motor Sinkron

Motor sinkron adalah motor AC, bekerja pada kecepatan tetap pada sistem frekwensi tertentu. Motor ini memerlukan arus searah (DC) untuk pembangkitan daya dan memiliki *torque* awal yang rendah, dan oleh karena itu motor sinkron cocok untuk penggunaan awal dengan beban rendah, seperti kompresor udara, perubahan frekwensi dan generator motor. Motor sinkron mampu untuk memperbaiki faktor daya sistim, sehingga sering digunakan pada sistim yang menggunakan banyak listrik.

Motor sinkron secara khusus sangat baik digunakan untuk kecepatan rendah. Kelebihan dari motor sinkron ini antara lain, dapat dioperasikan pada faktor daya *lagging* maupun *leading*, tidak ada slip yang dapat mengakibatkan adanya rugi-rugi daya sehingga motor ini memiliki efisiensi tinggi. Sedangkan kelemahan dari motor sinkron adalah tidak mempunyai *torque* mula, sehingga untuk *starting* diperlukan cara-cara tertentu.



Gambar 2.9. Motor AC Sinkron

(sumber : <http://luqman96.files.wordpress.com/2009/07/motor-ac-sinkron.ppt>)

Motor ini berputar pada kecepatan sinkron, yang diberikan oleh persamaan berikut:

$$N_s = 120 f / P \quad (2.1)$$

di mana : N_s = kecepatan serempak, dalam rpm
 f = frekuensi daya AC
 P = jumlah kutup per lilitan *phase*

2.6. Generator DC

Bekerjanya generator DC berdasarkan pengaruh timbal balik antara medan-medan magnetik dari stator dan rotor. Didalam lilitan stator, arus tiga fase yang dihubungkan membangkitkan medan megnetik yang berputar. Karena ini terjadilah medan magnetik di dalam rotor sehingga di dalam lilitan-lilitan yang dihubungkan dengan singkat, mengalir arus. Sebagai akibatnya arus ini mengubah medan rotornya sedemikian rupa sehingga rotor itu berputar. Di medan rotor dan medan stator selalu harus ada perubahan, sebab kalau tidak begitu mesinnya tidak dapat bekerja. Jadi, rotor itu tidak akan pernah berputar sinkron dengan medan rotor. Kalau motornya yang berputar, rotor itu berputar mengikuti medan stator.

Perbedaan antara putaran rotor dan medan stator disebut slip dan dinyatakan dengan proses dan putaran sinkron. Bila rotor ini berputar lebih cepat dan pada medan stator, maka mesinnya bekerja sebagai generator. Juga di sini terdapat slip. Tegangan yang dihasilkan

adalah sefase dengan tegangan jaringan, variasi jumlah putaran (dalam batas-batas tertentu) diserap oleh slip. (Alamsyah, 2007)

2.7. Desain Sistem *Hybrid* Menggunakan *HOMER*

Perangkat lunak *HOMER* adalah suatu perangkat lunak yang digunakan untuk optimasi model sistem pembangkit listrik skala kecil (*micropower*), perangkat lunak ini mempermudah evaluasi desain sistem pembangkit listrik untuk berbagai jenis pembangkit listrik skala kecil baik yang tersambung ke jaringan listrik atau pun tidak. Perangkat lunak ini melakukan perhitungan keseimbangan energi ini untuk setiap konfigurasi sistem yang akan dipertimbangkan. Kemudian menentukan konfigurasi yang layak, apakah dapat memenuhi kebutuhan listrik di bawah kondisi yang ditentukan, perkiraan biaya instalasi dan sistem operasi selama masa proyek. Sistem perhitungan biaya seperti biaya modal, penggantian, operasi dan pemeliharaan, bahan bakar, dan bunga. (Herlina, 2009)

Adapun yang menjadi masukan pada *HOMER* antara lain:

1. *Load/* Beban, yaitu jumlah dan tahanan beban terukur yang akan dimasukkan kedalam input *HOMER*.
2. *Component*, berisikan komponen-komponen yang akan digabungkan, sehingga membentuk pembangkit listrik *hybrid*. Contohnya PV, turbin angin, generator diesel, *inverter* dan baterai.
3. *Resource*, yaitu data dari intensitas matahari maupun kecepatan angin yang menjadi sumber untuk perangkat *hybrid*.

Perangkat lunak ini bekerja berdasarkan tiga langkah utama, yaitu simulasi, optimasi dan analisis sensitifitas.

a. Simulasi

Perangkat lunak ini akan mensimulasikan pengoperasian sistem pembangkit listrik tenaga *hybrid* dengan membuat perhitungan keseimbangan energi selama 8.760 jam dalam satu tahun. Untuk setiap jam, *HOMER* membandingkan kebutuhan listrik dan panas di bulan ke sistem energi yang dapat memasok dalam jam tersebut, dan menghitung energi mengalir dari dan ke setiap komponen dari

sistem. Untuk sistem yang mencakup baterai atau bahan bakar - *powered generator*, *HOMER* juga memutuskan untuk setiap jam berapa mengoperasikan generator, apakah akan dikenakan biaya atau mengosongkan baterai.

b. Optimasi

Setelah disimulasi, tahapan selanjutnya adalah mengoptimasi semua kemungkinan sistem konfigurasi kemudian diurutkan berdasarkan Nilai Sekarang Bersih (*Net Present Value*) yang dapat digunakan untuk membandingkan sistem desain pilihan.

c. Analisis Sensitivitas

Ketika variabel sensitivitas ditambahkan, *HOMER* mengulangi proses optimasi untuk setiap sensitivitas variabel yang menentukan. Misalnya, jika ditetapkan harga biomassa sebagai sensitivitas variabel, *HOMER* akan mensimulasikan sistem konfigurasi untuk berbagai harga biomassa yang telah ditetapkan. (Siswanto, 2010)

HOMER menggunakan masukan untuk mensimulasikan konfigurasi sistem yang berbeda, atau kombinasi dari komponen, dan memperlihatkan hasil yang dapat dilihat sebagai daftar konfigurasi yang layak diurutkan berdasarkan biaya bersih. *HOMER* juga menampilkan hasil simulasi dalam bentuk tabel dan grafik yang membandingkan konfigurasi dan mengevaluasi kinerja keperluan ekonomi dan teknis.

Output dari *HOMER* berupa konfigurasi-konfigurasi pembangkit listrik *hybrid*, produksi listrik, biaya listrik, dampak lingkungan.

2.8. Beban dan Daya Penggerak Kapal

Beban yang dihitung untuk menggerakkan kapal membutuhkan ukuran utama kapal dengan menggunakan rumus yang ada, selanjutnya menghitung daya *engine* (BHP) yaitu daya mesin yang nantinya ditransmisikan ke *propeller* untuk menghasilkan daya dorong. Langkah berikutnya adalah memilih *engine* yang tepat untuk menghasilkan BHP seperti yang diinginkan dan menghasilkan kecepatan kapal yang sesuai dengan rencana yang telah dibuat.

a. Menghitung tahanan total kapal:

1. Menghitung volume *displacement* (∇)

$$\nabla = L_{wl} \times B \times T \times C_{bw} \quad (2.2)$$

∇ = Volume *displacement* (m^3)

L_{wl} = Panjang garis air (m)

B = Lebar kapal (m)

T = Sarat kapal (m)

C_{bw} = Koefesien blok

2. Perhitungan *Displacement*

$$\Delta = L_{wl} \times B \times T \times C_{bw} \times \rho_{\text{air laut}} \quad (2.3)$$

Δ = *Displacement* (ton)

3. Menentukan luas permukaan basah (S)

$$S = 1,0232 \times L_{pp} \{ (C_{b \times B}) + (1,7 \times T) \} \quad (2.4)$$

S = Luas permukaan basah (m^2)

L_{pp} = Panjang antara garis tengah (m)

4. Menentukan angka *Froude* (F_n)

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{g L_{wl}}} \quad (2.5)$$

F_n = Angka *Froude*

g = Percepatan gravitasi ($9,8 \text{ m/s}^2$)

V = Kecepatan servis (knot)

L_{wl} = Panjang garis air (m)

5. Menentukan Bilangan *Reynold* (R_n)

$$R_n = \frac{V L_{wl}}{\nu} \quad (2.6)$$

R_n = Bilangan *Reynold*

V_k = Koefesien viskositas kinematik ($1,88 \times 10^{-6}$)

6. Menghitung tahanan gesek (C_F)

$$C_F = \frac{\tau}{\rho V^2} \quad (2.7)$$

C_F = Tahanan gesek

7. Tahanan sisa (C_R), tahanan udara (C_{AA}), tahanan kemudi (C_{AS})
Ditentukan berdasarkan nilai bilangan *Reynold* (R_n)

8. Koefesien tahanan total di air (C_T)

$$C_T = C_R + C_F + C_{AA} + C_{AS} \quad (2.8)$$

C_T = Koefesien tahanan total

9. Tahanan total kapal (R_T)

$$R_T = 0.5 \times \rho \times C_T \times S \times V_s^2 \quad (2.9)$$

R_T = Tahanan total kapal (Kn)

= Massa jenis fluida (Kg/m^3)

C_T = Koefesien tahanan total

S = Luas permukaan basah (m^2)

V_s = Kecepatan servis kapal (knot)

b. Perhitungan daya penggerak utama

1. Perhitungan daya efektif kapal (EHP)

$$\text{EHP} = R_T \times V_s \quad (2.10)$$

EHP = *Effectif Horse Power* (HP)

R_T = Tahanan total kapal (Kn)

V_s = Kecepatan servis kapal (knot)

2. Perhitungan *wake friction* (w)

$$w = (0.5 - C_b) - 0.05 \quad (2.11)$$

C_b = Koefesien blok

w = *wake friction*

3. Perhitungan *speed of advance* (V_a)

$$V_a = (1 - w) \times V_s \quad (2.12)$$

V_a = *Speed of Advance* (knot)

4. Perhitungan *thrust deduction factor* (t)

$$t = k \times w \quad (2.13)$$

k = 0,7 sampai 0,9

t = *thrust deduction factor*

w = *wake friction*

5. Perhitungan efesiensi *propulsive*

➤ Efesiensi *relative rotating* (η_{rr})

$$\eta_{rr} = 1,03$$

➤ Efesiensi *propeller* (η_p)

$$\eta_p = 0,6$$

➤ Efesiensi lambung (η_H)

$$\eta_H = \frac{(\quad)}{(\quad)} \quad (2.14)$$

➤ Koefesien *propulsive* (P_c)

$$P_c = \eta_{rr} \times \eta_p \times \eta_H \quad (2.15)$$

6. Perhitungan daya dorong (THP)

$$THP = \frac{\quad}{\eta} \quad (2.16)$$

THP = *Thrust Horse Power* (HP)

7. Perhitungan daya pada poros baling (DHP)

$$DHP = \frac{P}{\eta} \quad (2.17)$$

DHP = *Delivery Horse Power* (HP)

8. Perhitungan daya pada poros induk (SHP)

$$SHP = \frac{DHP}{\eta_s} \quad (2.18)$$

SHP = *Shaft Horse Power* (HP)

η_s = *shaft efficiency* (0.98)

9. Perhitungan daya motor induk (BHP)

Daya motor penggerak yang dimaksud adalah daya rem atau *brake power*.

$$BHP_{(SCR)} = \frac{SHP}{\eta_g} \quad (2.19)$$

Daya keluaran maksimum adalah normal 85 %

$$BHP_{(MCR)} = \frac{BHP_{(SCR)}}{0.85} \quad (2.20)$$

BHP = *Brake Horse Power* (HP atau kW)

η_g = *Transmission system efficiency* (0.98)

SCR = *continues service rating*

MCR = *maximum continues rating*

2.9. Perhitungan Ekonomi pada HOMER

Menganalisis ekonomi pada sistem pembangkit listrik biasanya akan menjadi tujuan akhir dari menjalankan simulasi kinerja. Dalam *HOMER*, modul ekonomi dapat digunakan untuk mendapatkan indikasi ekonomi suatu rancangan.

Setelah melakukan semua simulasi sistem konfigurasi, *HOMER* akan menampilkan daftar konfigurasi dan diurutkan berdasarkan jumlah biaya bersih atau disebut juga dengan *life cycle cost*, yang dapat digunakan untuk membandingkan pilihan *design system*. Analisis sensitivitas ketika mendefinisikan variabel sensitivitas sebagai masukan, *HOMER* akan mengulangi proses optimasi untuk setiap variabel sensitivitas yang telah ditentukan. Sebagai

contoh, jika kita menentukan kecepatan angin sebagai variabel sensitivitas, *HOMER* akan mensimulasikan konfigurasi sistem untuk rentang kecepatan angin yang ditentukan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Pendahuluan

Metode penelitian yang diambil pada tugas akhir ini meliputi studi beban listrik, studi intensitas matahari, studi kecepatan angin, perancangan sistem, analisa, dan rekomendasi kelayakan.

3.2. Studi Beban Listrik

Dalam melakukan studi beban pada perancangan yang akan dilakukan, membutuhkan perincian pemakaian energi yang digunakan pada saat kapal nelayan beroperasi. Pemakaian energi ini dihitung berdasarkan jenis beban, daya beban dan lamanya beban digunakan. Beban yang dilayani oleh genset hanya menggerakkan *propeller*. Selain *propeller*, beban lain yang diperhatikan adalah lampu jenis neon.

Metode menghitung beban listrik:

a. Menghitung daya setiap beban listrik

Daya setiap beban listrik, dimana daya diesel yang dihitung menggunakan perhitungan daya motor induk BHP (*Brake Horse Power*). Sedangkan daya bola lampu yang digunakan dihitung secara manual.

b. Menghitung lama pemakaian setiap beban dalam periode waktu tertentu

Lama pemakaian beban diesel dihitung berdasarkan lama perjalanan pada saat kecepatan penuh dan pada saat kapal mencari ikan. Sedangkan lama beban lampu dihitung pada pemakaian malam hari.

c. Membuat profil beban harian

Profil masing-masing beban menggunakan fasilitas yang ada pada *HOMER*, dengan cara memasukkan daya dan lama pemakaian setiap beban.

3.3. Studi Intensitas Matahari

Menentukan intensitas matahari menjadi bahan pokok dalam merancang PLTS, membutuhkan data dari NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) untuk daerah Pulau Bengkalis. *HOMER* mempunyai fasilitas yang bisa langsung mengakses intensitas matahari berdasarkan titik kordinat. Titik kordinat yang diambil berdasarkan garis lintang utara dan garis bujur timur, beserta zona waktunya.

3.4. Studi Kecepatan Angin

Untuk menentukan kecepatan angin sebagai penggerak turbin angin, diambil dari data SWERA (*Solar and Wind Resource Assessment*) yang berasal dari NREL (*National Renewable Energy Laboratory*) untuk kawasan perairan laut Pulau Bengkalis. Kecepatan angin rata-rata Pulau Bengkalis pertahunnya 5,57 m/s untuk kawasan 10 meter diatas permukaan laut. Pengumpulan data dilakukan di lepas pantai perairan Selat Malaka.

3.5. Perancangan Sistem

Sistem *hybrid* (PLTS/ turbin angin/ genset) ini dirancang menggunakan program simulasi komputer *HOMER*. *HOMER* digunakan untuk mengkonfigurasi suatu sistem dan menganalisa ekonomi berbagai macam sistem pembangkit listrik *hybrid*. *HOMER* dipilih karena mampu mensimulasi teknis dan analisa ekonomis terhadap sistem *hybrid* yang dibahas pada tugas akhir ini

3.6. Analisa

Membandingkan hasil yang diperoleh dengan teori yang telah ada. Adapun langkah-langkah yang dilakukan adalah:

- a. Skenario 1 : tipe AC untuk 1 buah *propeller*

Turbin angin jenis AC digunakan bersamaan diesel generator AC digunakan untuk memberikan daya yang dibutuhkan satu buah *propeller*. Kombinasi ini dilakukan untuk memberikan gaya dorong yang besar pada kapal.

- b. Skenario 2 : tipe AC untuk 2 buah *propeller*
Kombinasi diesel dan turbin angin jenis AC digunakan untuk menggerakkan dua buah *propeller*.
- c. Skenario 3 : Kombinasi antara tipe AC dan tipe DC
PV dan turbin angin sebagai pembangkit listrik tipe DC yang digunakan untuk memberi daya pada beban lampu. Sedangkan baterai digunakan untuk menyimpan daya sebelum dialirkan ke inverter. *Inverter* berfungsi untuk mengkonversi menjadi arus AC yang akan dikombinasikan dengan daya dari diesel untuk menggerakkan *propeller*.
- d. Skenario 4 : PV, turbin angin dan diesel tipe DC
Penggabungan tiga pembangkit listrik DC (PV, Turbin angin, Diesel) digunakan untuk menggerakkan *propeller* dan bola lampu, arus yang dihasilkan berupa DC yang kemudian dikonversikan menjadi AC menggunakan *inverter*.
- e. Skenario 5 : PV sebagai tipe DC sedangkan Turbin angin dan diesel tipe AC
Dengan menggabungkan turbin angin dan diesel sebagai pembangkit pada tipe AC, arus yang dihasilkan PV dalam arus DC di *inverter*. Sehingga penggabungan bisa memberi gaya dorong pada kapal.
- f. Skenario 6 : tipe DC untuk 1 buah lampu
Satu buah lampu yang digunakan kapal ikan, dihidupkan dengan memberi daya yang berasal dari PV. Daya yang dihasilkan disimpan pada baterai.

3.7. Analisa biaya COE (*Cost Of Energy*)

Untuk menghitung COE, biaya produksi energi listrik tahunan dibagi dengan total energi listrik terpakai yang diproduksi. Langkah selanjutnya membandingkan antara COE untuk penggunaan diesel dengan COE model sistem yang dirancang.

3.8. Rekomendasi kelayakan

Setelah melakukan simulasi dan analisa terhadap perancangan sistem *hybrid*, selanjutnya dilihat apakah layak digunakan pada perancangan sistem tersebut. Rekomendasi dilakukan agar sistem yang digunakan dapat bekerja dengan baik.

Rekomendasi kelayakan juga dilihat dari berbagai aspek, yaitu aspek teknis, ekonomis dan aspek praktis, dimana aspek ekonomi menjadi perhitungan awal mengenai biaya-biaya dalam merancang suatu model sistem. Sedangkan aspek praktis dilihat dari kesesuaian perancangan yang dihasilkan dengan kondisi di lapangan.

BAB IV

HASIL DAN ANALISA

4.1. Pendahuluan

Didalam pembahasan hasil, akan menjelaskan tentang proses perancangan dimana penentuan beban diambil dari beban keseluruhan antara beban listrik dan juga beban motor. Selanjutnya data beban di input ke *software HOMER* untuk mengetahui proses simulasi dari konfigurasi sistem *HOMER* tersebut. Hasil dari simulasi tersebut akan dianalisis sehingga proses perancangan sesuai dengan hasil yang diharapkan.

4.2. Penentuan Beban dan Daya

Didalam penentuan beban, data yang dibutuhkan antara lain pemakaian beban listrik dan beban pada motor penggerak.

- a. Cara menentukan tahanan kapal

Nama kapal : KM Biru Laut

Ukuran utama kapal :

LOA : 12,5 m

LWL : 11 m

Lpp : 10,5 m

B : 2 m

T : 0,8 m

H : 1,3 m

Cb : 0,5

Cbwl : 0,48

Vs : 10,8 Knot 1 Knot (kn) = 0,51 m/s

10,8 Knot (kn) = 5,5 m/s

g : 9,8 m/s

ρ : 1,0232

Radius Pelayaran = Bengkalis – Selat Malaka

Jenis Kapal = Kapal Penangkap Ikan

1. Perhitungan volume *displacement*

Volume *displacement* adalah volume air yang dipindahkan dan merupakan salah satu variabel penting dalam perhitungan tahanan kapal. Volume ini meliputi volume dari badan kapal yang ada di bawah permukaan air namun tidak termasuk tebal kulit, tebal lunas, tebal daun kemudi, *propeller*, dan segala perlengkapan kapal yang terendam dibawah air. Menggunakan rumus 2.2

$$\begin{aligned}\nabla &= L_{wl} \times B \times T \times C_{bw} \\ &= 11 \times 2 \times 0,8 \times 0,48 \\ &= 8,4 \text{ m}^3\end{aligned}$$

$$\nabla = \text{Volume displacement (m}^3\text{)}$$

$$L_{WL} = \text{Panjang garis air (m)}$$

$$B = \text{Lebar kapal (m)}$$

$$T = \text{Sarat kapal (m)}$$

2. Perhitungan *displacement*

Dengan menggunakan rumus 2.3

$$\begin{aligned}\Delta &= L_{wl} \times B \times T \times C_{bw} \times \rho_{\text{air laut}} \\ &= 11 \times 2 \times 0,8 \times 0,48 \times 1,0232 \\ &= 8,59 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\rho_{\text{air laut}} = \text{Massa Jenis Air Laut}$$

3. Luas permukaan basah

Luas permukaan basah adalah luas permukaan dari lambung kapal yang tercelup air. (Tahanan Dan Propulsi Kapal, hal 133) dengan menggunakan rumus 2.4

$$\begin{aligned}S &= 1,0232 \times L_{pp} \{ (C_b \times B) + (1,7 \times T) \} \\ &= 1,0232 \times 10,5 \{ (0,5 \times 2) + (1,7 \times 0,8) \} \\ &= 25,34994 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$S = \text{Luas permukaan basah (m}^2\text{)}$$

$$C_b = \text{Koefisien blok}$$

Lpp = Panjang antara garis tengah (m)

T = Sarat kapal

4. Menentukan harga bilangan *froude* dan angka *reynould*

a. Bilangan *froude*

Dengan menggunakan rumus 2.5

$$\begin{aligned} F_n &= \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot L_{pp}}} \\ &= \frac{0,537032}{\sqrt{9,8 \cdot 1,88 \times 10^{-6}}} \\ &= 0,537032 \end{aligned}$$

F_n = Angka *froude*

g = Percepatan gravitasi (9,8 m/s²)

V_s = Kecepatan servis (knot)

b. Bilangan *reynold*

Dengan menggunakan rumus 2.6

$$\begin{aligned} R_n &= \frac{V_s \cdot L_{pp}}{\nu} \\ &= \frac{0,537032 \cdot 1,88 \times 10^{-6}}{1,88 \times 10^{-6}} \\ &= 64.366.038 \end{aligned}$$

R_n = Bilangan *reynold*

V_k = Koefisien viskositas kinematik (1.88 x 10⁻⁶)

5. Menghitung tahanan gesek

koefisien tahanan gesek didapat dari rumusan (Tahanan Dan Propulsi Kapal, hal 118) dengan menggunakan rumus 2.7

$$\begin{aligned} C_F &= \frac{0,075}{R_n^{1/4}} \\ &= \frac{0,075}{64.366.038^{1/4}} \\ &= 0,019682 \end{aligned}$$

C_F = Tahanan gesek

6. Menentukan Harga Koefisien Tahanan Sisa

Tahanan sisa kapal dapat ditentukan melalui diagram *Guldhammer-Harvald* dengan hasil sebagai berikut :

$$LWL / \nabla^{1/3} = 11 / (8,4)^{1/3} \quad (4.1)$$

$$= 5,3719$$

$$\text{koefisien presmatik } (\varphi) = C_b/\beta \quad (4.2)$$

$$\begin{aligned} \beta &= (0,08 \times C_b) + 0,93 \\ &= (0,08 \times 0,5) + 0,93 \\ &= 0,97 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi &= C_b/\beta \\ &= 0,5/0,97 \\ &= 0,51546 \end{aligned}$$

Tabel 4.1. Koefisien Tahanan Sisa

No	$LWL/\Delta^{1/3}$	Cr
1	5	0.0014
2	5.4076259	0.00105759
3	5.5	0.00098

$$\text{Nilai tahan sisa (Cr)} = 0,00105759$$

7. Koefisien kapal tambahan

koefisien penambahan tahanan untuk korelasi model kapal umumnya sebesar (Tahanan Dan Propulsi Kapal, hal. 132) yaitu:

$$C_a = 0,0004$$

8. Koefesien tahanan udara

koefisien tahanan udara dimana nilainya (Tahanan Dan Propulsi Kapal, hal. 132) adalah:

$$C_{aa} = 0,00007$$

9. Koefesien tahanan kemudi

Berdasarkan (Tahanan Dan Propulsi Kapal, hal. 132), koreksi untuk tahanan kemudi sekitar:

$$C_{as} = 0,00004$$

10. Tahanan total kapal

a. Tahanan total badan kapal tercelup air

Dengan menggunakan rumus 2.8 dan 2.9

$$\begin{aligned} C_T &= C_r + C_f + C_a + C_{as} \\ &= 0,00011 + 0,019682 + 0,0004 + 0,00004 \\ &= 0,020242 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} RT_1 &= C_T \times 0.5 \times \rho_{\text{air laut}} \times S \times V_s^2 \\ &= 0,020242 \times 0,5 \times 1.023,2 \times 25,34994 \times (5,55)^2 \\ &= 1506,734878 \text{ N} \\ &= 1,506 \text{ KN} \end{aligned}$$

b. Tahanan total badan kapal tidak tercelup air

$$\rho_{\text{udara}} = 1,165 \text{ Kg/m}^3$$

A = Luas bangunan diatas garis air

$$\begin{aligned} A &= LWL \times (H - T) + \text{Luas bangunan atas} \quad (4.3) \\ &= 11 \times (1,3 - 0,8) + 172 \\ &= 11 \times 0,5 + 172 \\ &= 177,46 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 RT_2 &= C_{aa} \times 0.5 \times \rho_{udara} \times A \times V_s^2 \\
 &= 0,00007 \times 0,5 \times 1,165 \times 177,46 \times (5,55)^2 \\
 &= 0,22288478 \text{ N} \\
 &= 0,000222885 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tahanan total kapal} &= RT_1 + RT_2 \quad (4.4) \\
 &= 1506,734878 + 0,22288478 \\
 &= 1506,958 \text{ N} \\
 &= 1,506 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

Kapal KM. Biru Laut mempunyai rute pelayaran Bengkalis – Selat Malaka, berdasarkan ketentuan maka Jalur Pelayaran Asia Timur dengan *sea margin* 15 – 20% diambil 18% (Tahanan dan Propulsi Kapal, Hal 133).

$$\begin{aligned}
 RT \text{ (Dinas)} &= \text{Sea Margin antara Bengkalis – Selat Malaka} \\
 &= 15 - 20 \% \text{ (Asia Timur)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 RT \text{ (Dinas)} &= RT + (1 + 18\%) \quad (4.5) \\
 &= 1,506 + (1 + 18\%) \\
 &= 1,77821134 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

b. Perhitungan daya penggerak utama

1. Perhitungan daya efektif kapal

Daya Efektif atau EHP adalah daya yang diperlukan untuk menggerakkan kapal di air atau untuk menarik kapal dengan kecepatan V. Perhitungan daya efektif kapal (EHP) menurut buku (Tahanan dan Propulsi Kapal, Hal 135) dengan menggunakan rumus 2.10 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 EHP &= R_{T \text{ (Dinas)}} \times V_s \\
 &= 1,778 \times 5,55 \\
 &= 9,86 \text{ HP} \\
 &= 7,238 \text{ KW}
 \end{aligned}$$

EHP	= <i>Effektif Horse Power</i> (HP)
$R_{T(Dinas)}$	= Tahanan total kapal (KN)
V_s	= Kecepatan servis kapal (m/s)

2. Perhitungan daya pada poros baling (DHP)

DHP adalah daya yang diserap oleh *propeller* dari sistem perporosan atau daya yang dihantarkan oleh sistem perporosan ke *propeller* untuk diubah menjadi daya dorong (*thrust*). Dengan menggunakan rumus 2.17

$$DHP = \text{---}$$

a. Perhitungan *wake friction*

Wake friction atau arus ikut merupakan perbandingan antara kecepatan kapal dengan kecepatan air yang menuju ke *propeller*. Dengan menggunakan rumus 2.11 yang diberikan oleh *Taylor*, maka didapat :

$$\begin{aligned} w &= (0,5 \times C_b) - 0,05 \\ &= (0,5 \times 0,5) - 0,05 \\ &= 0,2 \end{aligned}$$

$$C_b = \text{Koefesien blok}$$

$$w = \text{wake friction}$$

b. Perhitungan *thrust deduction factor*

Dengan menggunakan rumus 2.13

$$\begin{aligned} t &= K \times w \\ &= 0,8 \times 0,2 \\ &= 0,16 \end{aligned}$$

nilai K diantara 0,7- 0,9 dan diambil $K= 0.8$ (*Principal of Naval Architecture*, hal 158)

$$K = 0,7 \text{ sampai } 0,9$$

$$t = \text{thrust deduction factor}$$

c. Perhitungan efisiensi *propulsive*

➤ Efisiensi *relative rotating* (η_{rr})

harga η_{rr} untuk kapal dengan *propeller* tipe *single screw* berkisar 1,0 – 1,1 (*Principal of Naval Architecture*, hal 152) pada perencanaan *propeller* dan tabung poros *propeller* ini diambil harga:

$$\eta_{rr} = 1,05$$

➤ Efisiensi *propeller* (η_p)

adalah *open water efficiency* yaitu *efficiency* dari *propeller* pada saat dilakukan *open water test*. Nilainya antara 40-70%, dan diambil 60%.

$$\eta_p = 0,6$$

➤ Efisiensi lambung (η_H)

Dengan menggunakan rumus 2.14

$$\begin{aligned}\eta_H &= \frac{(\quad)}{(\quad)} \\ &= \frac{(\quad, \quad)}{(\quad, \quad)} \\ &= 1,05\end{aligned}$$

➤ Koefisien *propulsive* (P_c)

Dengan menggunakan rumus 2.15

$$\begin{aligned}P_c &= \eta_{rr} \times \eta_p \times \eta_H \\ &= 1,05 \times 0,6 \times 1,05 \\ &= 0,6615\end{aligned}$$

Maka, daya pada tabung poros baling-baling dihitung dari perbandingan antara daya efektif dengan koefisien propulsif, yaitu :

$$\begin{aligned}DHP &= \frac{\quad}{\quad} \\ &= \frac{\quad}{\quad} \\ &= 14,919 \text{ HP}\end{aligned}$$

$$DHP = \text{Delivery Horse Power (HP)}$$

3. Perhitungan daya pada poros induk (SHP)

Untuk kapal yang kamar mesinnya terletak di bagian belakang akan mengalami *losses* sebesar 2%, sedangkan pada kapal yang kamar mesinnya pada daerah *midship* kapal mengalami *losses* sebesar 3% (*Principal of Naval Architecture*, hal 13). Pada perencanaan ini kamar mesin di rencanakan di bagian belakang sehingga mengalami *losses* atau efisiensi transmisi porosnya (η_s) sebesar 0,98. Dengan menggunakan rumus 2.18

$$\begin{aligned} SHP &= \frac{\quad}{\eta} \\ &= \frac{\quad}{\quad} \\ &= 15,223446 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$SHP = \text{Shaft Horse Power (HP)}$$

$$\eta_s = \text{shaft efficiency (0.98)}$$

4. Perhitungan daya dorong (THP)

Dengan menggunakan rumus 2.16

$$\begin{aligned} THP &= \frac{\quad}{\eta} \\ &= \frac{\quad}{\quad} \\ &= 9,3908 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$THP = \text{Thrust Horse Power (HP)}$$

5. Perhitungan daya motor induk (BHP)

Daya motor penggerak yang dimaksud adalah daya rem atau *brake power*. Dengan menggunakan rumus 2.19

$$BHP_{(SCR)} = \frac{\quad}{\eta}$$

$$= \frac{15,534}{0,98}$$

$$= 15,534 \text{ HP}$$

Daya keluaran pada kondisi maksimum dari motor induk, dimana besarnya 80% - 85% daya BHP(scr), diambil 85%. Dengan menggunakan rumus 2.20

$$\text{BHP}_{(\text{MCR})} = \frac{(\quad)}{0,98}$$

$$= \frac{18,275}{0,98}$$

$$= 18,275 \text{ HP}$$

$$= 13,40526955 \text{ kW}$$

BHP = *Brake Horse Power* (HP ataw KW)

η G = *Transmission system efficiency* (0.98)

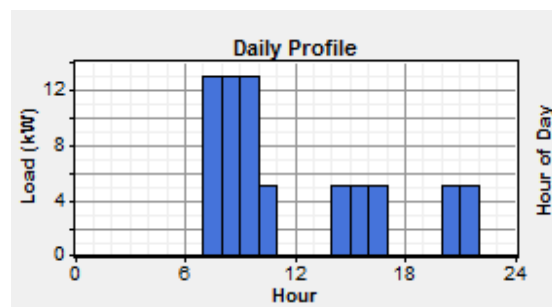
SCR = *continues service rating*

MCR = *maximum continues rating*

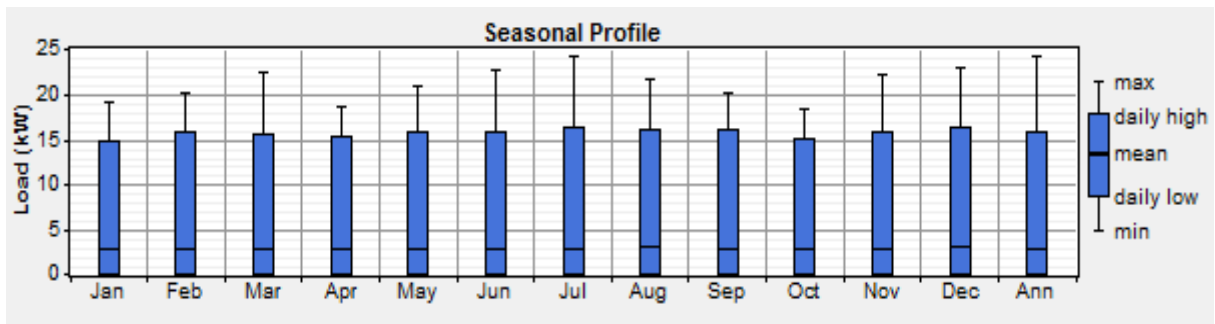
4.3. Hasil dan Analisa

4.3.1. Beban propeller

Beban utama untuk menggerakkan kapal ikan ini adalah *propeller*, beban rata-rata harian untuk menggerakkan kapal adalah 69 kWh/hari, dimana beban puncak sebesar 13 kW terjadi sekitar pukul 06.00 – 12.00 WIB.



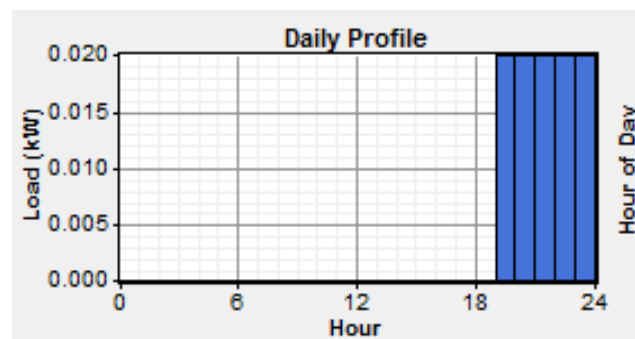
Gambar 4.1. Beban *Propeller* Harian



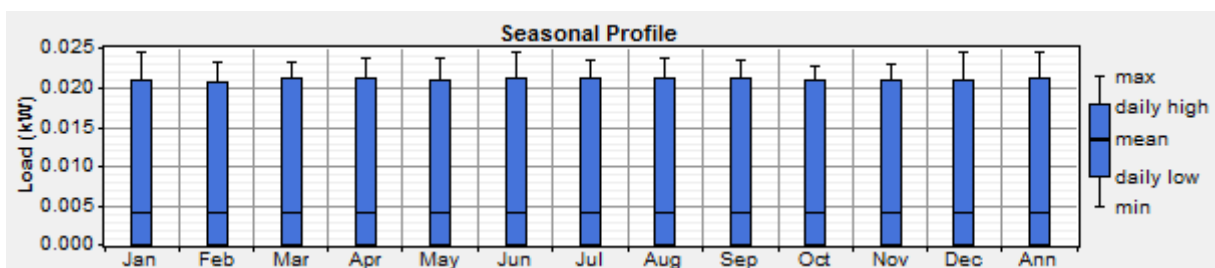
Gambar 4.2. Beban *Propeller* Bulanan

4.3.2. Beban lampu

Selain beban utamanya adalah *propeller*, terdapat beban tambahan berupa lampu merek neon yang digunakan sebagai penerang pada malam hari. Beban rata-rata hariannya sebesar 0,0997 kW/hari, dimana beban puncak terjadi pada pukul 19.00 - 24.00 WIB sebesar 0,02 kW.



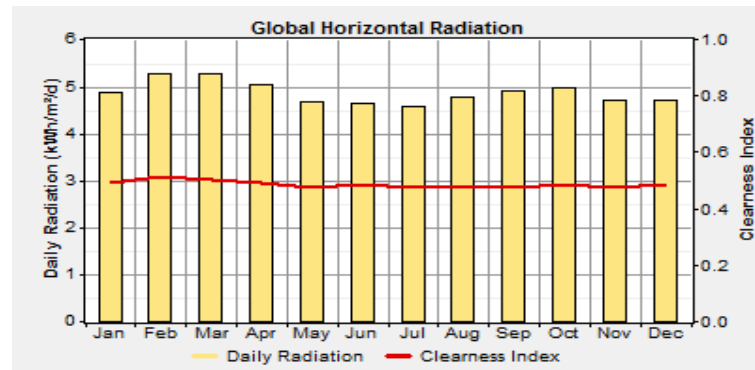
Gambar 4.3. Beban Lampu Harian



Gambar 4.4. Beban Lampu Bulanan

4.3.3. Energi matahari

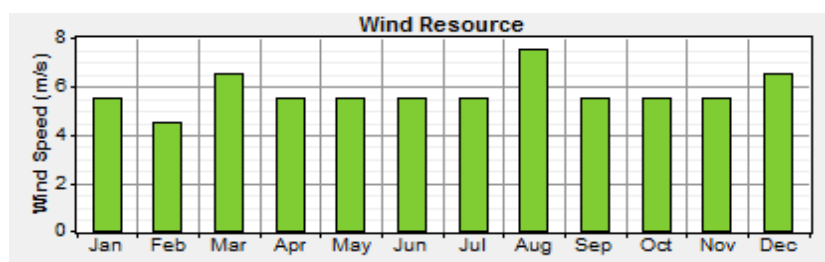
HOMER mempunyai fasilitas yang bisa langsung mengakses intensitas matahari berdasarkan titik koordinat. Titik koordinat diperoleh dari NASA melalui koneksi internet yang memberikan informasi tentang letak garis lintang dan bujur berdasarkan zona waktu yang telah ada. Data indeks kecerahan (*Clearness Index*) rata-rata sebesar 0,486 dan radiasi sinar matahari (*Daily Radiation*) rata-rata sebesar 4,86 kWh/m²/day.



Gambar 4.5. *Clearness Index* dan *Solar Radiation*

4.3.4. Sumber angin

Berdasarkan data yang diperoleh melalui SWERA (*Solar and Wind Resource Assessment*) yang berasal dari NREL (*National Renewable Energy Laboratory*) untuk kawasan perairan laut Pulau Bengkalis. Kecepatan angin rata-rata Pulau Bengkalis pertahunnya 5,57 m/s untuk kawasan 10 meter diatas permukaan laut. Data kecepatan angin selama setahun dapat dilihat pada gambar ini.



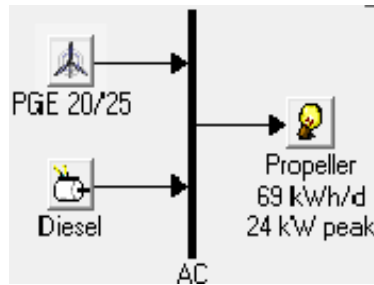
Gambar 4.6. Sumber Angin

(Sumber : NREL (*National Renewable Energy Laboratory*))






















4.4. Simulasi

4.4.1. Skenario 1 : Tipe AC untuk 1 buah propeller

Turbin angin jenis PGE 25 berkekuatan 25 kW AC, sedangkan diesel ukuran 2 kW AC dihubungkan secara seri untuk menggerakkan 1 buah *propeller* 69 kWh/d.



Gambar 4.7. Model Sistem Skenario 1

	PGE25	DG (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Capacity Shortage	Diesel (L)	DG (hrs)
	7	7	\$ 12,268	1,736	\$ 52,966	0.096	0.99	0.08	1,492	780
	5	7	\$ 9,268	1,867	\$ 53,047	0.097	0.99	0.08	1,592	841
	10	7	\$ 16,768	1,626	\$ 54,880	0.100	0.99	0.07	1,407	729
	2	7	\$ 4,768	2,569	\$ 65,005	0.120	0.96	0.10	2,119	1,172
	7	10	\$ 13,025	2,335	\$ 67,775	0.119	0.99	0.04	1,890	780
	10	10	\$ 17,525	2,186	\$ 68,781	0.121	0.99	0.04	1,784	729
	5	10	\$ 10,025	2,515	\$ 69,001	0.122	0.99	0.05	2,021	841
	2	10	\$ 5,525	3,478	\$ 87,075	0.154	0.96	0.05	2,708	1,172
	10	15	\$ 18,788	3,066	\$ 90,666	0.154	0.99	0.01	2,320	729
	7	15	\$ 14,288	3,276	\$ 91,104	0.155	0.99	0.01	2,458	780
	5	15	\$ 11,288	3,532	\$ 94,102	0.160	0.98	0.01	2,630	841
	10	20	\$ 20,050	3,886	\$ 111,164	0.188	0.99	0.00	2,758	729
	7	20	\$ 15,550	4,159	\$ 113,070	0.192	0.99	0.00	2,929	780
	1	10	\$ 4,025	4,691	\$ 114,010	0.204	0.90	0.06	3,589	1,582
	5	20	\$ 12,550	4,489	\$ 117,786	0.200	0.98	0.00	3,138	841
	2	15	\$ 6,788	4,907	\$ 121,831	0.208	0.95	0.01	3,544	1,172
	2	20	\$ 8,050	6,269	\$ 155,040	0.263	0.94	0.00	4,270	1,172
	1	15	\$ 5,288	6,629	\$ 160,709	0.274	0.88	0.01	4,705	1,582
	1	20	\$ 6,550	8,493	\$ 205,668	0.348	0.86	0.00	5,696	1,582
		15	\$ 3,788	14,221	\$ 337,198	0.585	0.00	0.03	10,260	3,285
		20	\$ 5,050	18,073	\$ 428,773	0.727	0.00	0.00	12,200	3,285

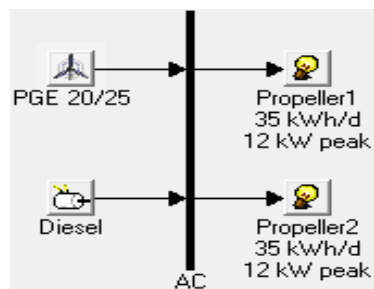
Gambar 4.8. Hasil Simulasi Skenario 1

Setelah melakukan simulasi menggunakan HOMER, diperoleh hasil yaitu:













































Jumlah turbin angin	= 7 buah	
DG (<i>Diesel Generator</i>)	= 7 buah	
<i>Initial Capital</i>	= \$ 12.268	= Rp 117.772.800
<i>Operating Cost</i>	= \$ 1.736 /tahun	= Rp 16.665.600 per tahun
Total NPC	= \$ 52.966	= Rp 508.473.600
COE	= \$ 0.096 /kWh	= Rp 921 per kWh
<i>Ren. Frac.</i>	= 0,99	
<i>Capacity Shortage</i>	= 0,08	
Diesel	= 1.492 Liter	
DG	= 780 jam	

4.4.2. Skenario 2 : Tipe AC untuk 2 buah propeller

Turbin angin jenis PGE 25 berkekuatan 25 kW AC, sedangkan diesel ukuran 2 kW AC dihubungkan secara seri untuk menggerakkan 2 buah *propeller* 69 kWh/d.



Gambar 4.9. Model Sistem Skenario 2

		PGE25	DG (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Capacity Shortage	Diesel (L)	DG (hrs)
		5	6	\$ 9,015	1,641	\$ 47,497	0.088	0.99	0.09	1,433	841
		4	6	\$ 7,515	1,741	\$ 48,327	0.090	0.99	0.10	1,510	894
		5	7	\$ 9,268	1,867	\$ 53,047	0.097	0.99	0.08	1,592	841
		4	7	\$ 7,768	1,981	\$ 54,214	0.099	0.99	0.08	1,679	894
		3	7	\$ 6,268	2,197	\$ 57,782	0.106	0.98	0.09	1,839	997
		5	8	\$ 9,520	2,086	\$ 58,438	0.105	0.99	0.07	1,740	841
		4	8	\$ 8,020	2,215	\$ 59,943	0.108	0.98	0.07	1,836	894
		5	9	\$ 9,773	2,302	\$ 63,754	0.113	0.99	0.06	1,883	841
		3	8	\$ 6,520	2,459	\$ 64,166	0.116	0.98	0.07	2,014	997
		2	7	\$ 4,768	2,569	\$ 65,005	0.120	0.96	0.10	2,119	1,172
		4	9	\$ 8,273	2,444	\$ 65,579	0.117	0.98	0.06	1,987	894
		5	10	\$ 10,025	2,515	\$ 69,001	0.122	0.99	0.05	2,021	841
		3	9	\$ 6,773	2,715	\$ 70,430	0.126	0.98	0.06	2,181	997
		4	10	\$ 8,525	2,671	\$ 71,147	0.125	0.98	0.05	2,133	894
		2	8	\$ 5,020	2,877	\$ 72,483	0.132	0.96	0.08	2,324	1,172
		3	10	\$ 7,025	2,968	\$ 76,606	0.135	0.97	0.05	2,342	997
		2	9	\$ 5,273	3,180	\$ 79,837	0.143	0.96	0.07	2,520	1,172
		2	10	\$ 5,525	3,478	\$ 87,075	0.154	0.96	0.05	2,708	1,172
		1	8	\$ 3,520	3,875	\$ 94,378	0.174	0.91	0.10	3,075	1,582
		1	9	\$ 3,773	4,286	\$ 104,269	0.189	0.90	0.08	3,338	1,582
		1	10	\$ 4,025	4,691	\$ 114,010	0.204	0.90	0.06	3,589	1,582

Gambar 4.10. Hasil Simulasi Skenario 2

Setelah melakukan simulasi menggunakan HOMER, diperoleh hasil yaitu:

Jumlah turbin angin = 5 buah

DG (*Diesel Generator*) = 6 buah

Initial Capital = \$ 9.015 = Rp 86.544.000

Operating Cost = \$ 1.641 /tahun = Rp 15.753.600 per tahun

Total NPC = \$ 47.497 = Rp 455.971.200

COE = \$ 0.088 /kWh = Rp 844,8 /kWh

Ren. Frac. = 0,99

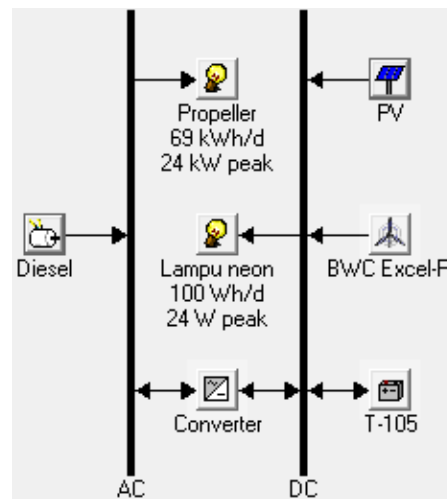
Capacity Shortage = 0,09

Diesel = 1.433 Liter

DG = 841 jam

4.4.3. Skenario 3 : Kombinasi antara tipe AC dan tipe DC

PV dihubung secara serial dengan turbin angin BWC Excel-R 7.5 kW DC, daya tersebut digunakan untuk beban lampu jenis neon 100 Wh/d. Baterai jenis *Trojan T-105* untuk menyimpan daya sisa dari kedua pembangkit tersebut, diinverterkan dengan diesel 3 kW yang digunakan untuk 1 buah beban *propeller*.



Gambar 4.11. Model Sistem Skenario 3

	PV (kW)	XLR	DG (kW)	T-105	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Capacity Shortage	Diesel (L)	DG (hrs)
		5		100	20	\$ 23,600	1,875	\$ 67,560	0.124	1.00	0.09		
	2.0	5		80	20	\$ 26,620	1,805	\$ 68,937	0.126	1.00	0.09		
	1.0	5	1	150	20	\$ 34,117	2,046	\$ 82,078	0.141	0.99	0.01	283	915
		5	1	150	20	\$ 31,117	2,178	\$ 82,183	0.141	0.98	0.02	359	1,159
	10.0		5	150	10	\$ 53,283	5,460	\$ 181,305	0.314	0.54	0.03	4,501	2,863
			10	80	5	\$ 12,887	9,568	\$ 237,207	0.411	0.00	0.03	9,419	3,036

Gambar 4.12. Hasil Simulasi Skenario 3

Setelah melakukan simulasi menggunakan HOMER, diperoleh hasil yaitu:

PV = 0

Jumlah turbin angin = 5 buah

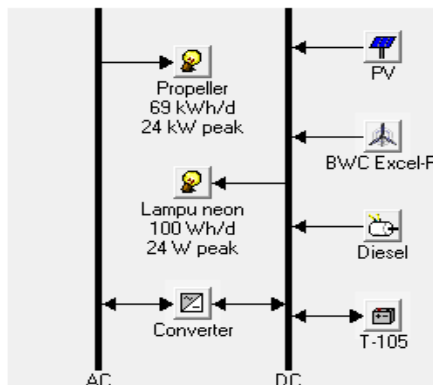
DG (*Diesel Generator*) = 0

Battery *T-105* = 100 buah

<i>Converter</i>	= 20 kW	
<i>Initial Capital</i>	= \$ 23.600	= Rp 226.560.000
<i>Operating Cost</i>	= \$ 1.875 /tahun	= Rp 18.000.000 per tahun
Total NPC	= \$ 67.560	= Rp 648.576.000
COE	= \$ 0.124 /kWh	= Rp 1.190,4 per kWh
<i>Ren. Frac.</i>	= 1	
<i>Capacity Shortage</i>	= 0,09	
Diesel	= 0	
DG	= 0	

4.4.4. Skenario 4 : PV, turbin angin, dan diesel tipe DC

Tiga pembangkit listrik (PV, Turbin angin, dan Diesel) tipe DC dihubungkan secara seri untuk memberikan daya pada beban lampu dan 1 buah *propeller*.



Gambar 4.13. Model Sistem Skenario 4

	PV (kW)	XLR	DG (kW)	T-105	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Capacity Shortage	Diesel (L)	DG (hrs)
		10		80	20	\$ 28,120	1,627	\$ 66,267	0.116	1.00	0.04		
	0.5	10		80	20	\$ 29,620	1,611	\$ 67,384	0.118	1.00	0.03		
		10	1	100	20	\$ 31,167	1,746	\$ 72,111	0.123	1.00	0.01	142	508
	0.5	10	1	100	20	\$ 32,667	1,714	\$ 72,857	0.124	1.00	0.01	135	477
	10.0		5	150	20	\$ 53,883	6,322	\$ 202,107	0.348	0.53	0.02	4,762	2,966
			10	150	20	\$ 24,217	10,728	\$ 275,735	0.467	0.00	0.00	9,974	3,031

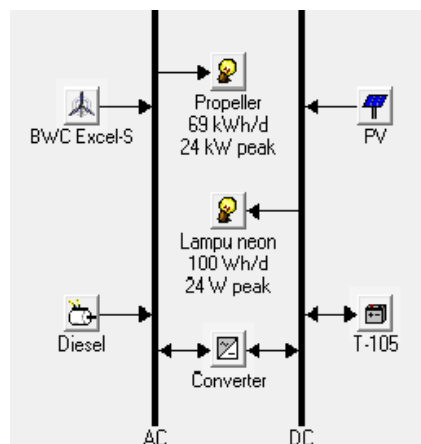
Gambar 4.14. Hasil Simulasi Skenario 4

Setelah melakukan simulasi menggunakan HOMER, diperoleh hasil yaitu:

PV	= 0	
Jumlah turbin angin	= 10 buah	
DG (<i>Diesel Generator</i>)	= 0	
<i>Battery T-105</i>	= 80 buah	
<i>Converter</i>	= 20 kW	
<i>Initial Capital</i>	= \$ 28.120	= Rp 269.952.000
<i>Operating Cost</i>	= \$ 1.627 /tahun	= Rp 15.619.200 per tahun
Total NPC	= \$ 66.267	= Rp 636.163.200
COE	= \$ 0.116 /kWh	= Rp 1.113,6 per kWh
<i>Ren. Frac.</i>	= 1	
<i>Capacity Shortage</i>	= 0.04	
Diesel	= 0	
DG	= 0	

4.4.5. Skenario 5 : PV sebagai tipe DC sedangkan Turbin angin dan diesel tipe AC

Turbin angin *BWC Excel-S* 10 kW AC dihubungkan seri dengan diesel untuk memberikan gaya dorong pada *propeller*, sedangkan PV digunakan untuk beban lampu neon.



Gambar 4.15. Model Sistem Skenario 5

	PV (kW)	XLS	DG (kW)	T-105	Conv. (kW)	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Capacity Shortage	Diesel (L)	DG (hrs)
	10.0	2		100	20	\$ 49,100	1,715	\$ 89,307	0.165	1.00	0.09		
	10.0	2	1	150	10	\$ 56,017	1,857	\$ 99,563	0.181	0.95	0.09	618	1,916
			10	80	5	\$ 15,887	5,587	\$ 146,883	0.252	0.55	0.02	5,263	1,694
	10.0		5	150	10	\$ 53,283	5,460	\$ 181,305	0.314	0.54	0.03	4,501	2,863
			10	80	5	\$ 12,887	9,568	\$ 237,207	0.411	0.00	0.03	9,419	3,036

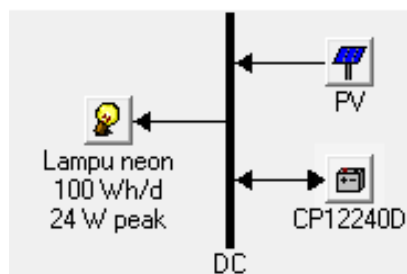
Gambar 4.16. Hasil Simulasi Skenario 5

Setelah melakukan simulasi menggunakan HOMER, diperoleh hasil yaitu:



































PV	= 10 kW	
Jumlah turbin angin	= 2 buah	
DG (<i>Diesel Generator</i>)	= 0	
<i>Battery T-105</i>	= 100 buah	
<i>Converter</i>	= 20 kW	
<i>Initial Capital</i>	= \$ 49.100	= Rp 471.360.000
<i>Operating Cost</i>	= \$ 1.715 /tahun	= Rp 16.464.000 per tahun
Total NPC	= \$ 89.307	= Rp 857.347.200
COE	= \$ 0.165 /kWh	= Rp 1.584 per kWh
<i>Ren. Frac.</i>	= 1	
<i>Capacity Shortage</i>	= 0.09	
Diesel	= 0	
DG	= 0	

4.4.6. Skenario 6 : Tipe DC untuk 1 buah lampu

PV hanya digunakan untuk beban lampu neon 100 Wh/d, *battery* yang digunakan jenis *Vision CPl12240D*.



Gambar 4.17. Model Sistem Skenario 6

		PV (kW)	CP12240D	Initial Capital	Operating Cost (\$/yr)	Total NPC	COE (\$/kWh)	Ren. Frac.	Capacity Shortage
		0.05	1	\$ 299	45	\$ 1,359	1.625	1.00	0.02
		0.05	2	\$ 448	42	\$ 1,426	1.671	1.00	0.00
		0.10	1	\$ 449	46	\$ 1,533	1.796	1.00	0.00
		0.10	2	\$ 598	42	\$ 1,576	1.847	1.00	0.00
		0.15	1	\$ 599	46	\$ 1,683	1.972	1.00	0.00
		0.15	2	\$ 748	42	\$ 1,726	2.022	1.00	0.00
		0.20	1	\$ 749	46	\$ 1,833	2.148	1.00	0.00
		0.20	2	\$ 898	42	\$ 1,876	2.198	1.00	0.00
		0.25	1	\$ 899	46	\$ 1,983	2.324	1.00	0.00
		0.25	2	\$ 1,048	42	\$ 2,026	2.374	1.00	0.00
		0.30	1	\$ 1,049	46	\$ 2,133	2.499	1.00	0.00
		0.30	2	\$ 1,198	42	\$ 2,176	2.550	1.00	0.00
		0.35	1	\$ 1,199	46	\$ 2,283	2.675	1.00	0.00
		0.35	2	\$ 1,348	42	\$ 2,326	2.726	1.00	0.00
		0.40	1	\$ 1,349	46	\$ 2,433	2.851	1.00	0.00
		0.40	2	\$ 1,498	42	\$ 2,476	2.901	1.00	0.00

Gambar 4.7. Hasil Simulasi Skenario 6

Setelah melakukan simulasi menggunakan HOMER, diperoleh hasil yaitu:

PV = 0,05 kW

Battery CP12240D = 1 buah

Grid = 0

Initial Capital = \$ 299 = Rp 2.870.400

Operating Cost = \$ 45 /tahun = Rp 432.000 per tahun

Total NPC = \$ 1.359 = Rp 13.046.400

COE = \$ 1,625 /kWh = Rp 15.600 per kWh

Ren. Frac. = 1

Capacity Shortage = 0.02

Dari hasil simulasi skenario 1 dan skenario 2, dilihat dari jumlah turbin angin yang dipakai, sistem ini tidak bisa digunakan karena ukuran turbin angin tersebut terlalu besar sehingga tidak sesuai dengan ukuran kapal.

Skenario 3,4 dan 5 dilihat dari simulasi yang telah dilakukan, penggunaan ketiga skenario tersebut tidak efisien karena jumlah baterai yang dibutuhkan \pm 100 buah. Hal ini berakibatkan pada kapal yang tidak mampu menyediakan tempat untuk baterai tersebut.

Sedangkan skenario 6 bisa diterapkan, tetapi hanya untuk beban lampu. Untuk semua skenario yang menggunakan *inverter*, besar efisiensi dari *inverter* tersebut adalah 90 %.

4.5. Analisa Biaya COE

COE didefinisikan sebagai biaya rata per kWh produksi energi listrik yang terpakai oleh sistem. Persamaan yang digunakan adalah

$$COE = \frac{C_{ann,tot} - c_{boiler} E_{thermal}}{E_{prim,AC} + E_{prim,DC} + E_{def} + E_{grid,sales}} \quad (4.6)$$

$C_{ann,tot}$ = biaya total sistem tahunan (\$/tahun)

c_{boiler} = margin biaya *boiler* (\$/kWh)

$E_{thermal}$ = total beban *thermal* yang terpenuhi (kWh/tahun)

$E_{prim,AC}$ = beban AC utama yang terpenuhi (kWh/tahun)

$E_{prim,DC}$ = beban DC utama yang terpenuhi (kWh/tahun)

E_{def} = beban *deferrable* yang terpenuhi (kWh/tahun)

$E_{grid,sales}$ = total penjualan *grid* (kWh/tahun)

COE pada saat sekarang (penggunaan diesel)

Biaya produksi listrik tahunan

1. Biaya investasi diesel = Rp 3.800.000
2. Biaya Operasional dan *maintenance* = Rp 13.000.000

Pemakaian energi listrik yang terpakai : 69 kWh/ day X 150 hari = 10.350 kWh

$$COE = \frac{\text{Rp } 16.800.000}{10.350 \text{ kWh}} \quad (4.7)$$

$$= \frac{16.800.000}{10.350}$$

$$= \frac{16.800.000}{10.350}$$

$$= \text{Rp } 1.623,23 \text{ per kWh}$$

Tabel 4.2. Perbandingan COE saat sekarang (penggunaan diesel) dengan COE setelah melakukan simulasi HOMER

Skenario	COE saat sekarang per kWh	COE setelah simulasi per kWh
1	Rp 1.623,233	Rp 921,6
2		Rp 844,8
3		Rp 1.190,4
4		Rp 1.113,6
5		Rp 1.584
6		Rp 15.600

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa skenario 1 sampai dengan 5, biaya COE setelah melakukan simulasi lebih kecil dibandingkan biaya COE saat sekarang (penggunaan diesel). Sehingga penggunaan pembangkit listrik energi terbarukan lebih baik dibandingkan pembangkit listrik diesel. Tetapi, dari aspek praktis tidak memungkinkan karena kapal ikan memiliki ukuran yang kecil untuk dipasang ukuran fisik komponen-komponen energi terbarukan, contohnya seperti pada skenario 5. Jumlah PV yang diperlukan 10 kW, jumlah turbin angin 2 buah dan baterai T-105 yang diperlukan 100 buah. Sedangkan untuk skenario 6, total biaya COE lebih besar sehingga sistem ini tidak layak untuk dikembangkan tetapi dari aspek praktis, skenario 6 ini sangat memungkinkan untuk dipasang energi terbarukan. Tetapi hanya untuk mengoperasikan beban lain seperti lampu, radio, televisi dan bukan untuk penggerak *propeller*.

4.6. Rekomendasi Kelayakan

Penggunaan energi terbarukan pada kapal ikan dapat dilakukan pada beban-beban tertentu seperti pengoperasian beban harian, contohnya lampu penerangan kapal, televisi, radio dan peralatan elektronik lainnya. Sedangkan untuk menggerakkan *propeller*, dibutuhkan pembangkit seperti diesel, hal ini karena keterbatasan ukuran pada kapal ikan yang kecil.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Penggunaan energi terbarukan pada kapal ikan kecil menggunakan simulasi HOMER dapat disimpulkan :

1. Untuk menggerakkan kapal ikan KM Biru Laut dibutuhkan daya BHP (*Brake Horse Power*) sebesar = 18,775 HP atau 13,40526955 kW.
2. Biaya sistem sebelumnya meliputi penggunaan BBM (Bahan Bakar Minyak) dan perawatan genset sebesar ± Rp 13.000.000, biaya operasional sebesar ± Rp 18.000.000, dan biaya investasi (biaya pembelian genset) sebesar ± Rp 3.800.000. Setelah disimulasi dari banyak opsi, biaya COE lebih kecil dibandingkan dengan COE saat ini (penggunaan genset sekarang) sebesar Rp 1.623,233 per kWh, sehingga pemanfaatan energi terbarukan memungkinkan untuk diterapkan, tetapi dari aspek praktis tidak bisa digunakan karena ukuran kapal yang kecil.
3. Pemanfaatan energi terbarukan untuk memenuhi seluruh kebutuhan energi pada kapal KM Biru Laut tidak layak, karena desain kapal yang kecil tidak bisa ditempatkan ukuran fisik komponen energi terbarukan.

5.2. Saran

Diharapkan pemanfaatan energi terbarukan pada kapal ikan lebih diprioritaskan pada kapal ikan yang memiliki ukuran yang lebih besar. Karena, energi terbarukan tidak mampu untuk menyediakan seluruh kebutuhan listrik yang diperlukan pada kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, Hery. 2007. *Pemanfaatan Turbin Angin Dua Sudu Sebagai Penggerak Mula Alternator Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
http://id.scribd.com/document_downloads/direct/92967027?extension=pdf&ft=1359929267<=1359932877&uahk=u3qtMKXQS5+vnxf8GfzCD5QHmwI (diakses tanggal 7 mei 2011)
- Arifin dan Rabiman. 2011. *Sistem Bahan Bakar Motor Diesel*. Graha Ilmu: Yogyakarta
- Daryanto. 2007. *Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu*. BALAI PPTAGG – UPT-LAGG: Yogyakarta
http://mst.ft.ugm.ac.id/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=107&Itemid=131&lang=in (diakses tanggal 9 agustus 2011)
- Dwi. Andries. *Perhitungan Tahanan dan Daya Kapal*
<http://www.scribd.com/doc/50851433/Perhitungan-Tahanan-Dan-Daya-Kapal> (diakses tanggal 15 Juni 2011)
- Hadi dkk. 2008. *Kajian Teknis Propeller -Engine Matching pada Kapal Ikan Tradisional dengan Menggunakan Motor Listrik Hybrid dari Solar Cell dan Genset Sebagai Mesin Penggerak Utama Kapal di Kabupaten Pasuruan Jawa Timur*.
http://eprints.undip.ac.id/2354/1/ARTIKEL_nasiin.pdf (diakses tanggal 12 Mei 2011)
- Herlina. 2009. *Analisis Dampak Lingkungan dan biaya Pembangunan Listrik pembangkit Listrik Tenaga Hibrida di Pulau Sebesi Lampung Selatan*
<http://www.scribd.com/doc/48731574/FILE-herlina> (diakses tanggal 10 april 2011)
- Julianto, Eko. 2009. *Pemakaian Baling-Baling Bebas Putar (Free Rotating Popeller) pada Kapal*
http://eprints.undip.ac.id/20241/1/EKO_JULIANTO_S.pdf (diakses tanggal 15 Juni 2011)
- Nuryadi, devi. 2011. *Konsep Rumah Mandiri Energi Menggunakan Tenaga Surya Dan Biogas*. Pekanbaru. UIN Sultan Syarif Kasim Riau
- Panel Surya*
<http://panelsurya.com/> (diakses pada tanggal 1 Februari 2013)

- PT Azet surya lestari. *Pembangkit Listrik Tenaga Surya*
<http://www.azetsurya.com/download.php?f=PLTS+Hybrid-Grid+Interactive.pdf>
(diakses tanggal 15 Juni 2011)
- PT. PLN (Persero) Jasa Diklat, *Teori Diesel*.
http://id.scribd.com/document_downloads/direct/118189797?extension=pdf&ft=1358967321<=1358970931&uahk=mNVFjb8gkaMNd9qlMFH6HUZLx50 (diakses tanggal 24 Januari 2013)
- Siswanto, Saleh. 2010. *Analisis keekonomian harga listrik pembangkit listrik tenaga biomassa Di kabupaten lampung tengah*
<http://www.lontar.ui.ac.id/file?file=digital/131581-T%2027542-Analisis%20keekonomian-Metodologi.pdf> (diakses tanggal 8 maret 2012)
- Sudrajat, Adjat. 2007. *Sistem-sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya : Desain Sistem, Cara Kerja, Pengoperasian dan Perawatan*. BPPT-Press. Jakarta
- Sv. Aa. Harvald. *Tahanan dan Propulsi Kapal : Department of ocean engineering the technical university of Denmark, lyngby*. Airlangga university press